



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

보건학석사 학위논문

동아시아 4개국(한국, 중국, 일본,
대만)에서 일교차가 심혈관계 및
호흡기계 질환 사망에 미치는 영향

The Effect of Diurnal temperature range on
Cardiovascular and Respiratory Mortality in
East Asia (Korea, China, Japan, Taiwan)

2014년 8월

서울대학교 보건대학원

보건학과 보건통계학전공

신지혜

보건학석사 학위논문

동아시아 4개국(한국, 중국, 일본,
대만)에서 일교차가 심혈관계 및
호흡기계 질환 사망에 미치는 영향

The Effect of Diurnal temperature range on
Cardiovascular and Respiratory Mortality in
East Asia (Korea, China, Japan, Taiwan)

2014년 8월

서울대학교 보건대학원
보건학과 보건통계학전공
신지혜

동아시아 4개국(한국, 중국, 일본,
대만)에서 일교차가 심혈관계 및
호흡기계 질환 사망에 미치는 영향

지도교수 김 호

이 논문을 보건학 석사 학위논문으로 제출함
2014년 4월

서울대학교 보건대학원
보건학과 보건통계학전공
신지혜

신지혜의 보건학 석사 학위논문을 인준함
2014년 6월

위 원 장	이승목
부 위 원 장	성주현
위 원	김 호



국문초록

서울대학교 보건대학원
보건학과 보건통계학전공
신지혜

폭염이나 한파와 같은 극심한 이상기후가 세계 곳곳에서 빈번하게 일어나고 있고, 해를 거듭할수록 그 강도도 점차 강해지고 있다. 이런 이상기후와 관련 깊은 기후변화는 사회경제적 피해뿐만 아니라 건강과 관련된 사망 및 질병에도 큰 영향을 미치고 있는 것으로 확인되었다. 여러 연구에서 기온과 사망간의 관계는 다양한 지역, 기후조건을 기반으로 이미 증명된 바 있으며, 높은 온도와 낮은 온도 모두 사망 위험을 증가시키는 요인이 된다는 것이 밝혀졌다.(Baccini et al., 2008; Curriero et al., 2002; McMichael et al., 2008; Stafoggia et al., 2006).

기후변화가 건강에 미치는 영향을 연구한 문헌들은 주로 지연효과가 사망에 미치는 영향에 주목해왔고(Filleul et al., 2006; Wong et al., 2002), 주로 일평균기온, 일최고기온, 일최저기온 등을 사용하여 사망과의 연관성을 확인했다. 하지만 하루안의 온도변화(일교차)가 사망에 미치는 영향을 평가한 연구는 비교적 많이 부족한 편이고, 일교차의 지연효과 패턴에 대한 연구도 부족한 실정이다. 지금까지 아시아에서는 중국, 대만 등 몇몇 국가에서 각국의 사망과 일교차간의 연관성을 분석한 논문이 종종 게재 되었지만, 일교차와 요인별 사망(심혈관계 및 호흡기계 질환 사망)과의 연관성을 밝힌 사례는 몇몇 지역에 국한되어 연구가 진행된 바 있다.

본 연구에서는 동아시아 4개국(한국, 중국, 일본, 대만)에서 일교차가 요인별 사망(심혈관계 및 호흡기계 질환 사망)에 미치는 영향을 평가해보고, 65세를 기준으로 한 연령그룹에 따라 일교차의 효과가 달라지는지를 확인해보겠다. 또한 29개의 도시에서 온도와 일교차의 지연효과를 분석해보겠다. 연구 자료는 각 도시의 비사고 총 사망, 심혈관계 질환 및 호흡기계 질환 사망, 65세 기준 연령그룹별 사망자수를 이용했다. 기상자료로는 일평균기온, 일최고기온, 일최저기온, 일평균기압, 일평균습도, 일교차(일 최고기온-일 최저기온)를 이용했다. 대기오염 자료로는 PM₁₀, NO₂, SO₂를 이용했다. 연구 지역으로는 서울, 인천, 대전, 대구, 광주, 부산 한국의 6개 도시, 안산, 전주, 광주, 항저우, 홍콩, 상하이, 쑤양, 수주, 타이위안, 탕산, 톈진, 무한, 우루무치, 시안으로 중국 14개 도시, 샹포로, 쉐나이, 도쿄, 나고야, 오사카, 기타큐슈로 일본 6개 도시, 타이페이, 타이중, 카오슝으로 대만 3개 도시가 포함되었다. GAM(Generalized Additive Model)을 이용한 시계열(Time-series)분석을 하였고, 환경변수로는 일평균기온, 일평균습도, 일평균기압, PM₁₀, NO₂, SO₂를 보정하였다. 또한 요일과 계절성 및 장기추세를 보정하였다. 도시별로 온도와 일교차에 동일하게 0-5까지의 단일 지연효과(single-day lag effect) 및 m01-m05까지의 평균 지연효과(moving average)를 주어 최적의 값을 찾아 적용하였다. 또한 국가간 일교차의 영향을 비교하기 위하여 메타분석을 실시하였다.

비사고 총 사망에서 일교차로 인한 추가 사망률은 한국 0.76%(95% CI: 0.53%-1.00%), 중국 0.56%(95% CI: 0.27%-0.86%), 일본 0.6%(95% CI: 0.46%-0.74%), 대만 0.87%(95% CI: 0.66%-1.09%)으로 모두 유의한 결과를 보였다. 평균적으로 65세 이상 연령그룹이 65세 미만 연령그룹에 비해 일교차의 영향을 크게 받았는데, 일본에서 호흡기계 질환 사망의 경우, 65세 미만 연령그룹이 더 큰 영향을 받는 지역도 있었다. 요인별 사망으로 분석해보았을 때, 한국과 중국에서는 호흡기계 질환 사망에서

일교차의 영향이 더 큰 것을 확인할 수 있었던 반면, 일본과 대만에서는 심혈관계 질환에서의 영향력이 더 확연함을 알 수 있었다.

동아시아 4개국 29개 도시에서 일교차에 대한 요인별 사망 및 연령그룹별 사망을 분석한 결과, 일교차로 인한 건강영향에서 일관성 있는 결과를 확인할 수 있었다. 이 연구결과로 인해 기후변화와 건강영향의 연구 분야에서 일교차가 대표적인 기상 지표로서 입지를 굳히는데 도움을 줄 수 있을 것이라 기대해본다. 또한, 65세 이상의 노년층이나 심혈관계 질환 및 호흡기계 질환자들은 상대적으로 일교차에 영향을 크게 받는 것으로 드러났으므로, 정책적으로 이들을 위한 조기경보 시스템 등을 도입하여 일교차로 인한 건강위험을 줄일 수 있을 것이다.

주요어 : 일교차, 사망, 기후변화, 지연효과, 기후변화, 온도
학번 : 2011-22103

목 차

국문초록	i
제 1 장 서론	1
제 1 절 연구배경 및 연구기간	1
제 2 절 선행연구의 검토	4
제 2 장 연구방법	7
제 1 절 연구자료	7
1. 연구지역 및 대상	7
2. 사망자료	10
3. 기상자료 및 대기오염자료	10
제 2 절 통계적 분석방법	12
제 3 장 연구 결과	14
제 1 절 연구지역의 특성	14
제 2 절 도시별 일교차 및 일평균기온의 지연효과	26
제 3 절 일교차가 사망에 미치는 영향	32
1. 총 사망 및 요인별 사망에 미치는 영향	32
2. 메타분석결과	40
제 4 장 결론 및 고찰	44
참고문헌	49

그림 목차

Figure 1	The location of 29 East Asian cities.....	9
Figure 2	Time-series plot of diurnal temperature range in Korea	20
Figure 3	Time-series plot of diurnal temperature range in China	21
Figure 4	Time-series plot of diurnal temperature range in Japan	23
Figure 5	Time-series plot of diurnal temperature range in Taiwan	24
Figure 6	Time-series plot of daily maximum temperature and minimum temperature in 4 cities	25
Figure 7	Beta for non-accidental death and 95% CI associated DTR in Korea at single-day lag 0 to 5 and moving average m01 to m05 days.....	27
Figure 8	Beta for non-accidental death and 95% CI associated DTR in China at single-day lag 0 to 5 and moving average m01 to m05 days.....	28
Figure 9	Beta for non-accidental death and 95% CI associated DTR in Japan at single-day lag 0 to 5 and moving average m01 to m05 days	30
Figure 10	Beta for non-accidental death and 95% CI associated DTR in Taiwan at single-day lag 0 to 5 and moving average m01 to m05 days.....	31
Figure 11	Pooled estimates of percent change of cause-specific mortality associated with 1°C increase of DTR in Total age.....	41
Figure 12	Pooled estimates of percent change of cause-specific mortality associated with 1°C increase of DTR in 65 years and over age group..	42
Figure 13	Pooled estimates of percent change of cause-specific mortality associated with 1°C increase of DTR in 65 years and over age group..	43

표 목차

Table 1	The data period of variables in 29 East Asian cities	8
Table 2	Descriptive statistics of daily DTR, Mean Temperature, Mean Humidity and Mean Press in 29 cities	16
Table 3	Descriptive statistics of Air pollution data (daily PM ₁₀ , SO ₂ and NO ₂) and cause specific death count in 29 cities	18
Table 4	Percent change of cause-specific mortality associated with a 1°C increase of DTR in Korea (stratified by age group)	35
Table 5	Percent change of cause-specific mortality associated with a 1°C increase of DTR in China (stratified by age group)	36
Table 6	Percent change of cause-specific mortality associated with a 1°C increase of DTR in Japan (stratified by age group)	38
Table 7	Percent change of cause-specific mortality associated with a 1°C increase of DTR in Taiwan (stratified by age group)	39

제 1 장 서론

제 1 절 연구배경 및 목적

지구촌 곳곳에서 이상기후가 발생하고 이로 인한 사회경제적, 생태적 피해규모가 커짐에 따라 기후변화는 중요한 이슈가 되고 있다. 기후변화로 인한 이상기후 현상은 해를 거듭할수록 극심해지고 있으며, 빈도도 잦아지는 추세로 사망이나 질병과 같은 건강관련 영역에도 큰 영향을 미치고 있다. 현재 기후변화는 전 지구적인 지구온난화로 인해 가속화되고 있는데, IPCC(Intergovernmental Panel on Climate Change)에 따르면, 21세기 말쯤에는 지구 표면의 평균 온도가 1.8-4°C 정도 증가한다고 보고된 바 있다.

이러한 온도 스트레스로 인한 사망 및 건강영향은 유럽과 미국 등지에서 활발하게 연구되어왔다.(McGeehin et al., 2001; Davis et al., 2003; Revich et al., 2008; Rocklov et al., 2008; Zanobetti et al., 2008). 높은 온도와 낮은 온도 모두 사망 위험을 증가시키는 요인이 된다는 것은 이미 여러 연구에서 밝혀진 바 있으며(Baccini et al., 2008; Curriero et al., 2002; McMichael et al., 2008), 이는 온도 변화에 취약한 영유아나 노인 계층이 크게 영향을 받기 때문이라고 밝혀졌다(Gouveia et al., 2003; Basu et al., 2005, Basu et al., 2008). 또한 온도조절 시스템이나 냉난방 시스템 역시 사망과 관련 있다는 사실이 밝혀진바 있다(Aylin et al. 2001; Curriero et al. 2002; Basu et al., 2008). 계속되는 온난화 현상으로 인한 기온의 상승은 건강영역에 더욱 큰 영향을 미치게 될 것으로 예상된다. (R Sari Kovats et al., 2006).

기후변화의 여파로 유발되는 온도상승 뿐만이 아니라 예년과는 다른 기후를 보이는 기후 패턴의 변화도 주목할 만하다. 평년보다 높거나 낮은 기상조건은 건강에 영향을 미칠 수 있는데, 하루안의 온도변화(일 최고기온 - 일 최저기온)로 정의되는 일교차 역시 건강 및 사망에 크게 영향을 미칠 수 있는 기상조건 중 하나이다. 일교차는 기온의 안정성을 반영하는 기상지표로서, 대부분의 지역에서 감소하는 패턴을 보이고 있다. 일교차가 감소하는 이유 중 하나는 밤 중 최저기온이 낮 최고기온보다 빠르게 상승하기 때문이다.(Vose et al., 2005; Li and Chen 2008; Easterling et al., 1997). 도시의 열섬효과 역시 일교차가 감소하는데 일조하는데, 이 경우는 일 최저기온이 일 최고기온보다 크게 증가하기 때문이라고 알려져 있다.(Karl et al., 1988). 전 세계적으로 일교차가 감소하는 상황임에도 일교차의 건강영향 연구가 중요한 이유는 여전히 많은 사람들이 상대적으로 큰 일교차에 노출되고 있고, (Xu et al., 2013; Lim et al. 2012) 일교차로 인한 건강영향이 크기 때문이다.

선행 연구들에서 일교차는 사망에 영향을 미치는 위험요인으로 보고되고 있으며(Luo et al., 2013; Yang et al., 2013) 심혈관계 질환 및 호흡기계 질환에도 큰 영향을 미친다는 사실이 밝혀진 바 있다. (Xu et al., 2013; Hii et al., 2011). 하지만, 한국, 일본, 대만 등의 동아시아 국가에서는 일교차와 요인별 사망에 대한 연구를 찾아볼 수 없으며, 중국 역시 홍콩, 광저우, 상하이 같은 몇몇 도시만을 기반으로 일교차의 건강영향에 대한 연구가 이루어진바 있다. 일교차의 지연효과 패턴에 대한 연구도 부족한 실정이다.

이번 연구를 통해 동아시아 4개국, 29개 도시에서 일교차가 총 사망 및 요인별 사망(심혈관계 질환 및 호흡기계 질환 사망)에 미치는 영향을 확인해보겠다. 동일한 분석방법을 적용하여 도시별, 국가별 결과 값의 비교가 용이하도록 하고, 65세를 기준으로 연령그룹을 나누어 연령그룹별

로 일교차가 사망에 미치는 효과에 차이가 생기는지 확인해보려고 한다. 또한 각 도시별로 일교차의 지연효과를 분석해보고 가장 적절한 값을 도출하여 분석에 적용해보겠다.

제 2 절 선행연구의 검토

Jun Yang은 중국 광저우에서 일교차가 건강에 미치는 영향에 대해 연구하였다. DLNM(Distributed lag non-linear model)을 이용하여 2003-2010년까지 8년간의 일평균기온, 일평균습도, PM₁₀, NO₂, SO₂를 보정한 모델을 설정하였고, 이를 통해 비사고 총 사망, 심혈관계 질환 및 호흡기계 질환 사망에 일교차가 미치는 영향을 분석하였다. Lag0, 0-4, 0-7, 0-10에서 일교차가 요인별 사망에 미치는 축적효과(cumulative effect)를 분석한 결과, 일교차가 1°C 증가할 때 비사고 총사망의 추가 사망률은 lag0-4에서 0.47% (95%CI: 0.01%-0.93%)로 가장 큰 값을 보였다. 심혈관계 질환 사망 및 호흡기계 질환 사망은 비사고 총사망의 추가사망률에 비해 비교적 높은 값을 보였는데, 심혈관계 질환은 lag0-10에서 0.79%(95%CI: 0.17%-1.76%), 호흡기계 질환 사망은 lag0-7에서 0.89 % (95%CI: 0.24%-2.03%)의 추가 사망률을 보였다.(Jun Yang et al, 2013) 일교차의 효과는 즉각적으로 나타나거나 4일정도 지속되므로, 당일의 일교차 효과를 보는 것은 일교차의 영향력을 과소평가 할 수 있음을 밝혔고, 일교차의 지연효과를 고려하는 것이 중요함을 언급하고 있다.

임연희는 1992년부터 2007년까지 한국에서 일교차가 사망에 미치는 영향에 대해 연구하였다. 나이, 성별, 교육수준, 사망 장소에 따라 사망을 구분지어 연구에 반영하였으며, GLM(Generalized linear models)을 분석에 이용하였다. 한국의 일교차가 증가하고 있음을 보였고, 일교차와 사망자수 간에는 선형관계가 있음을 밝혔다. 또한 단일 지연효과(single-day lag) 보다는 분포형 지연효과(distributed lag)를 이용하는 것이 더 큰 효과를 볼 수 있기 때문에 후자를 이용하였다고 언급하였다. 연구 결과 광주에서 0.8% (95% CI: 0.1% - 1.4%)로 가장 높은 추가사망률을 보인 반면, 부산은 0.1% (95% CI: -0.4% - 0.7%)로 가장 낮았다. 메타분석 결

과 일교차가 사망에 미치는 영향은 일교차가 1°C 증가할 때, 0.5%(95% CI: 0.3% - 0.7%)의 추가사망률을 보였다. 계절별로 나누어 분석한 결과, 가을에 일교차에 대한 영향이 0.8% (95% CI: 0.5% - 1.2%)로 가장 컸고, 여름이 0.6% (95% CI: 0.2% - 1.1%)로 2순위를 차지했다.(Lim et al., 2012)

Kan은 상하이에서 일교차와 일별 사망자수 간의 연관성에 대해 연구하였다. GAM(Generalized additive model)을 이용하여 연령그룹별, 성별, 요인별 사망에 일교차가 미치는 영향을 평가하였다. 또한 단일 지연효과(single-day lag)를 0-5까지, 평균 지연효과(moving average)를 01-05까지 고려하여 각 요인별 사망의 추가사망률을 계산하였다. 연구결과 단일 지연효과를 고려했을 때, 비사고 총 사망과 심혈관계 질환 사망에서 일교차는 lag1까지 효과가 증가하다가 감소하는 동일한 결과를 보였다. 하지만 호흡기계 질환 사망에서는 lag0에서 최고 추가사망률을 보였다. 평균 지연효과를 고려한 결과는 단일 지연효과를 고려한 결과보다 큰 영향을 보였으며, lag0일 때 세 가지 사망 모두 최고값을 보였다, 비사고 총 사망에서는 1.37%(95% CI: 1.08% - 1.65%), 심혈관계 질환 사망에서는 1.86%(95% CI: 1.40% - 2.32%), 호흡기계 질환 사망에서는 1.29% (95%CI: 0.49% - 2.09%)의 추가 사망률을 보였다. 또한 23°C를 기준으로 따뜻한 날과 추운 날을 나누어 일교차의 영향을 살펴보았는데, lag0를 적용하였을 때, 추운 날에는 비사고 총 사망이 1.41% (95% CI 1.09 - 1.74%), 따뜻한 날에는 1.13%(95% CI 0.49 - 1.77%)로 추운 날에 일교차의 영향력이 더 큰 것으로 나타났다. 호흡기계 질환 사망도 비사고 총 사망과 비슷한 양상으로 추운 날 더 영향력이 컸지만, 심혈관계 질환 사망의 경우, 추운 날 1.76% (95% CI 1.23 - 2.28%), 따뜻한 날 1.91% (95% CI 0.83 - 2.98%)의 추가사망률을 보이며 따뜻한 날의 영향력이 더 큰 것으로 나타났다. (Kan et al., 2007)

선행 연구결과로부터 일교차는 사망에 영향을 미치는 위험요인으로써, 요인별 사망에도 연구지역에 따라 더 크거나 작은 영향을 미치고 있었다. 일교차가 클수록 사망률 또한 증가하는 양상을 보였으며, 상대적으로 연령층이 높은 그룹이 일교차의 영향을 크게 받는다는 것도 알 수 있었다. 또한 lag에 의해 일교차의 효과가 달라지게되므로 지역별로 적절한 lag를 찾는 것이 중요함을 알 수 있었다. 일교차의 영향을 분석하는데 DLNM, GLM, GAM 등 다양한 방법을 사용하고 있었고, 분석에 이용되는 변수들도 공통적인 것들이 많았지만, 지역별로 환경변수 사용에는 차이를 보이고 있었다. 본 연구에서는 선행연구 결과를 토대로 도시 수준에서 적절한 lag값을 찾아보고, 이를 적용하여 국가별, 도시별 비교가 가능하도록 비교적 일관성 있는 분석방법을 통해 일교차가 요인별 사망에 미치는 영향을 분석해보겠다. 또한 연령그룹별 효과의 차이를 살펴보도록 한다.

제 2 장 연구방법

제 1 절 연구자료

1. 연구지역 및 연구기간

본 연구는 동아시아 4개국 한국, 중국, 일본, 대만의 29개 도시를 분석 대상으로 하였다. 한국 6개 도시인 서울(Seoul), 인천(Incheon), 대전(Daejeon), 대구(Daegu), 광주(Gwangju), 부산(Busan), 중국 14개 도시인 안산(Anshan), 푸주(Fuzhou), 광저우(Guangzhou), 항저우(Hangzhou), 홍콩(Hongkong), 상하이(Shanghai), 쉐양(Shenyang), 수주(Suzhou), 타이위안(Taiyuan), 탕산(Tangshan), 톈진(Tianjin), 무한(Wuhan), 우루무치(Wulumqi), 시안(Xi'an), 일본 6개 도시인 사포로(Sapporo), 센다이(Sendai), 도쿄(Tokyo), 나고야(Nagoya), 오사카(Osaka), 키타큐슈(Kitakyushu), 대만 3개 도시인 타이베이(Taipei), 타이중(Taichung), 카오슝(Kaoshiung)이 포함된다.

연구기간은 각 도시별로 상이하다. 본 연구에서 사용된 자료군을 사망자료, 기상자료, 대기오염자료로 크게 나누어 보면, 대부분의 도시에서 사망자료, 기상자료에 비해 대기오염자료 수집기간이 짧은 경향이 있었다. 분석을 위해서는 세 자료군의 연구기간이 동일해야 하므로, 세 자료군이 모두 포함하는 연구기간을 각 도시별로 산정하여 사용하였다. 일본 자료는 평균 20년 이상으로 구축 기간이 긴 편이었고, 중국 자료는 구축기간이 2-3년 정도로 상대적으로 짧은 편이었다. 각 도시별 자료 구축기간은 표 1에 정리되어있다.

Table 1 : The data period of variables in 29 East Asian cities.

Country	City	Data Period
Korea	Seoul	99.6.1–10.12.31
	Busan	99.6.1–10.12.31
	Daegu	99.6.1–10.12.31
	Incheon	99.6.1–10.12.31
	Gwangju	99.6.1–10.12.31
	Daejeon	99.6.1–10.12.31
China	Anshan	04.1.1–06.12.31
	Fuzhou	04.1.1–06.12.31
	Guangzhou	07.1.1–08.12.31
	Hangzhou	02.1.1–04.12.29
	Hongkong	96.1.1–02.12.31
	Shanghai	01.1.1–04.12.31
	Shenyang	05.1.1–08.12.31
	Suzhou	05.1.1–08.12.31
	Taiyuan	04.1.1–08.12.31
	Tangshan	06.1.1–08.12.31
	Tianjin	05.1.1–08.12.31
	Wuhan	03.1.1–05.12.31
	Wulumqi	06.1.1–07.12.31
	Xi'an	04.1.1–08.12.31
Japan	Sapporo	92.4.1–09.3.31
	Sendai	86.4.1–09.3.31
	Tokyo	79.4.1–09.3.31
	Nagoya	79.4.1–09.3.31
	Osaka	79.4.1–09.3.31
	Kitakyushu	83.4.1–09.3.31
Taiwan	Taipei	94.1.1–07.12.31
	Taichung	94.1.1–07.12.31
	Kaohsiung	94.1.1–07.12.31



8

Figure 1. The location of 29 East Asian cities.

2. 사망자료

본 연구는 종속변수로 자살, 사고와 같은 외부요인을 제외한 사망자료를 사용하였다. 표준질병사인 분류인 ICD (International Classification of Disease) 10 코드를 이용하여 분류되었으며, codes A00 - R99를 포함하였다. 29개 도시의 사망 자료는 한국 통계청(Korea National Statistical Office), 중국 질병관리본부(Center for Disease Prevention and Control), 일본 보건복지부(Ministry of Health and Welfare of Japan), 대만 국가사망등록(National Death Registry of Taiwan)에서 받아 사용하였다.

요인별 사망자료는 심혈관계 질환 사망과 호흡기계 질환 사망으로 구분하여 보았는데, 심혈관계 질환은 codes I00-I99, 호흡기계 질환은 codes J00-J99를 포함하였다. 또한 65세를 기준으로(<65 years old, ≥65 years old) 각 사망자료를 나누어 연령그룹별 효과를 확인하였다. 중국의 일부 도시(안산, 항저우, 탕산, 무한, 우루무치)는 65세를 기준으로 한 연령그룹별 비사고 총 사망자료를 얻을 수 없어서 분석에서 제외하였고, 중국 전 도시에서 65세를 기준으로 한 연령그룹별 심혈관계 질환 및 호흡기계 질환 사망자료를 얻을 수 없어 중국을 제외하고 분석하였다.

3. 기상자료 및 대기오염자료

본 연구에서 기상자료는 일평균기온, 일평균습도, 일평균기압, 일최고기온과 최저기온의 차이로 정의되는 일교차가 이용되었다. 각 도시의 기상자료는 한국 기상청(Korea Meteorological Office), 중국기상자료 공유 서비스 시스템(China Meteorological Data Sharing Service System), 일본 기상관(Japan Meteorological Agency), 대만 환경보호국(Taiwan

Environmental Protection Administration)에서 얻어 사용하였다. 모든 값은 일별 평균값을 사용하였고, 한 지역에 관측소가 둘 이상인 경우 이들의 평균을 내어 사용하였다. 중국의 일평균기압 자료는 얻을 수 없어서 중국 자료 분석에서는 일평균기압을 제외하였다.

대기오염 자료로는 PM_{10} , SO_2 , NO_2 가 사용되었다. 한국 보건환경연구소(Research Institute of Public Health and Environment in Korea), 중국 환경모니터링센터(Environmental Monitoring Center), 일본 환경연구소(National Institute for Environmental Studies in Japan), 대만 환경보호국(Taiwan Environmental Protection Administration)에서 얻어 사용하였다.

제 2 절 통계적 분석방법

일별 사망자수, 기상자료, 대기오염 자료는 모두 날짜별로 정리되어 있으므로 시계열 분석(time-series analysis)을 이용하였다.(Zeger et al., 2006). 시계열 분석의 계열 상관성(serial correlation)을 극복하기 위해 GAM(Generalized Additive Model)을 이용하였고, 일별 사망자료는 보통 포아송 분포를 따르므로, 사망과 일교차 간의 연관성을 확인하기 위해서 주요 분석 모델로 log link GAM을 이용하였다(Kan et al., 2007). 일교차의 효과를 확인하기 위하여 기상변수로서 일평균기온, 일평균습도, 일평균기압을 보정하였고, 대기오염 변수로서 NO₂, SO₂, PM₁₀을 보정하였다. 요일의 영향은 각 요일을 1-7까지 범주화한 값을 변수로 만들어 보정하였고, 계절성과 장기추세는 자료의 시작 일을 1로하고 이로부터 자료의 마지막 날까지 연속되는 숫자를 지정하여 이를 변수로 만들어 보정하였다. 여기서 자유도는 1년당 7로 지정하였다.

기상조건은 당일뿐만 아니라 며칠 후에도 영향을 미치므로 각 도시별로 일교차와 일평균기온에는 지연효과를 고려하여 분석하였다.(Braga et al., 2001). 각 도시별로 일교차와 일평균기온의 0-5일까지의 단일 지연효과(single-day lag effect) 및 m01-m05까지의 평균 지연효과(moving average)를 모두 분석하여 효과가 가장 높은 값을 사용하였다. 단일 지연효과는 lag0인 경우 당일의 값을 그대로 사용하며, lag1인 경우 전날의 값을 이용하여 분석하는 방법이다. 평균 지연효과는 lag m01인 경우, 당일과 전날 이틀의 값을 평균내어 사용하며, lag m02의 경우, 당일, 하루 전, 이틀 전의 세 값을 평균내어 사용하게 된다. 이런 식으로 적절한 lag를 찾기 위해 두 가지 방법을 사용하였으며, 일교차와 일 평균기온에 동일한 lag를 적용하였다.

또한 65세를 기준으로 연령그룹을 나누어 연령그룹에 따른 일교차와

사망간의 관계를 확인하도록 하였고, 국가별로 일교차가 요인별 사망 및 연령그룹에 미치는 영향을 알아보기 위하여 메타분석을 실시하였다. R의 ‘metafor’ 패키지를 이용하여 도시별 값을 결합하고, 국가 대푯값을 산출하였다. 메타분석 역시 요인별 사망 및 연령그룹별로 층화하여 분석하였다.

제 3 장 연구결과

제 1 절 연구지역의 특성

표 2와 표 3은 도시별 기상자료, 대기오염자료 및 사망자료의 기초통계량을 정리한 것이다. 동아시아 4개국 29개 도시를 대상으로 하는 본 연구에서는 기초통계량에서 지리적 위치별로 특성이 잘 드러난다. 표 2에서는 도시별 일교차, 일평균기온, 일평균습도, 일평균기압의 평균값과 표준편차를 제시한다. 주요 노출변수인 일교차는 한국 6개 도시 평균이 8.15°C , 중국 14개 도시 평균이 8.81°C , 일본 6개 도시 평균이 7.75°C , 대만 3개 도시 평균이 7.1°C 이다. 대륙성 기후를 보이는 한국과 중국의 일교차가 상대적으로 높은 편이며, 그림 1에서와 같이 섬 국가인 일본과 대만은 일교차가 작은 편이었다. 하지만 일교차가 가장 큰 중국과 가장 작은 대만간의 차이가 1.71°C 로 4개국의 일교차는 큰 차이를 보이지는 않았다. 그림 2, 3, 4, 5는 각각 한국, 중국, 일본, 대만의 일교차의 Time-series plot이다. 전 세계적으로 일교차는 감소하는 추세를 보이고 있는데, 이번 연구의 해당기간 동안 연구지역을 확인해본 결과 일교차는 거의 일정한 수준으로 유지되고 있는 것을 확인할 수 있었다. 대체적으로 봄, 가을의 일교차가 높은 편이었고, 여름, 겨울의 일교차가 낮은 편으로 계절성을 찾아볼 수 있었다. 그림 6은 한국, 중국, 일본, 대만의 29개 도시 중 대표도시로 선출된 서울, 광저우, 도쿄, 타이베이에서의 일 최고기온과 일 최저기온의 추세를 확인한 것이다. 현재 일교차가 감소하는 이유는 일 최고기온의 상승폭보다 일 최저기온의 상승폭이 더 우세하기 때문이라는 설명이 지배적이다. 하지만 그림 6에서는 본 연구의 연구지역에서 이런 경향이 크게 두드러지지 않음을 확인할 수 있었다.

일평균기온은 대만의 카오슝이 25.25°C로 가장 높았고, 중국의 쉐양이 8.57°C로 가장 낮았다. 한국의 경우 대륙성 기후를 보이지만, 위낙 면적이 작기 때문에 일평균기온의 지역간 차이가 크지 않은 편이었고, 대만 역시 동일한 이유로 도시별 비슷한 일평균기온을 보였다. 중국의 경우 일평균기온의 도시별 차이가 컸는데, 남쪽 해안가에 위치한 홍콩의 온도가 가장 높았고, 북쪽 해안가에 위치한 쉐양이 북쪽 내륙에 위치한 우루무치와 함께 낮은 기온을 보였다. 여러 위도대에 걸쳐 길게 자리 잡은 일본 역시 북쪽 사포로와 남쪽 지방사이의 온도 차이를 보였다.

일평균습도 역시 지형의 영향을 많이 받아, 해안 지역의 습도 값이 대체적으로 높고, 내륙 지역의 습도 값이 상대적으로 낮은 경향을 보였다. 일평균기압은 중국자료를 얻을 수 없어 중국은 제외하고 정리하였다.

대기오염자료와 사망자료의 기술통계량은 표 3에 정리되어 있다. PM₁₀은 입자 직경이 10 마이크로미터 이하인 부유분진이나 미세먼지 같은 입자상 물질을 의미한다. PM₁₀은 국가별로 감소정책을 도입해 관리 감독하고 있는 추세이므로, 대부분 도시에서 감소하는 경향을 보이지만 여전히 주목받고 있는 대기오염 물질이며 사망에 영향을 주는 인자로써 본 분석에 추가하였다. 중국의 우루무치가 144.1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 로 PM₁₀이 가장 높은 지역이었고, 일본의 사포로가 15.3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ 으로 가장 낮았다. PM₁₀은 지역간 값 차이가 현격하게 나타났으며, 중국 평균값이 높은 편이고 일본이 작은 편이었다.

NO₂와 SO₂ 역시 대기오염 물질로서 사망에 영향을 미치는 인자로 판단되어(Kan et al., 2007; Wong et al., 2009; Luo et al., 2013) 본 분석에 추가하였다. NO₂와 SO₂는 중국이 다른 국가에 비해 높은 값을 보였다. 이는 이 두 물질의 출처와 관련하여 설명될 수 있는데, 주로 연소과정이나 자동차 배기가스의 구성물로서 국가별, 지역별 경제수준 및 조건에 따라 달라질 수 있는 값이다.

Table2. Descriptive statistics of daily DTR, Mean Temperature, Mean Humidity and Mean Press in 29 cities.

	DTR(°C)		Mean Temperature(°C)		Mean Humidity(%)		Mean Press(hPa)		
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Korea	Seoul	7.64	2.66	13.03	10.24	62.16	14.56	1015.95	8.09
	Busan	6.88	2.34	15.03	8	63.1	18.65	1015.34	7.14
	Daegu	8.97	3.4	14.7	9.36	58.03	16.42	1015.79	7.62
	Incheon	7.18	2.46	12.89	9.7	67.46	14.42	1015.9	8.04
	Gwangju	8.85	3.55	14.32	9.29	66.92	13.09	1016.18	7.89
	Daejeon	9.39	3.63	13.24	9.8	66.25	13.84	1015.99	8.03
China	Anshan	8.66	2.77	10.73	12.65	55.18	16.01		
	Fuzhou	7.76	3.31	20.66	7.07	69.16	11.4		
	Guangzhou	7.52	2.88	22.84	6.3	71	13.28		
	Hangzhou	8.17	3.64	17.66	8.64	73.16	12.89		
	Hongkong	5.68	2.22	23.7	4.97	78.51	9.8		
	Shanghai	6.76	2.95	17.39	8.6	72.91	11.4		
	Shenyang	11.4	4.12	8.57	13.2	66.15	15.64		
	Suzhou	7.05	3.01	17.64	9.25	77.01	12.42		
	Taiyuan	12.29	4.48	11.23	10.71	55.08	18.33		
	Tangshan	10.22	3.63	12.57	11.06	60.54	18.47		
	Tianjin	10.02	3.58	13.29	11.24	58.78	18.53		
	Wuhan	7.24	3.02	17.9	9.4	71.14	12.58		

	Wulumqi	9.62	3.25	8.6	13.33	55.21	20.77	
	Xi'an	9.44	4.12	15.04	9.87	61.22	17.57	
Japan	Sapporo	7.51	2.93	9.08	9.42	69.03	10.7	1009.53
	Sendai	7.54	2.93	12.56	8.09	71.06	13.43	1008.9
	Tokyo	7.54	2.93	12.56	8.09	71.06	13.43	1008.9
	Nagoya	8.77	2.97	15.8	8.42	66.51	12.75	1008.04
	Osaka	7.8	2.52	16.87	8.27	63.65	10.94	1007.03
	Kitakyushu	7.32	2.63	17.05	7.8	68.01	11.56	1013.66
Taiwan	Taipei	6.36	2.73	23.21	5.28	76.1	9.07	1012.47
	Taichung	8.18	2.41	23.65	4.7	74.82	7.66	1002.61
	Kaohsiung	6.75	1.68	25.25	3.82	75.98	7.07	1011.98
								5.4

Table3. Descriptive statistics of Air pollution data (daily PM₁₀, SO₂ and NO₂) and cause-specific death count in 29 cities.

	PM ₁₀ ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)		SO ₂ (ppb)		NO ₂ (ppb)		Non-accidental Death Count		Cardiovascular Death Count		Respiratory Death count		
	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	Mean	SD	
Korea	Seoul	62.4	44.4	5.4	2.3	36.2	12.5	93.2	11.7	24.7	5.6	5.5	2.6
	Busan	57	32.5	6.8	3.1	23.6	8.7	45.5	7.7	14.1	4.1	2.8	1.8
	Daegu	57.2	34	6.3	3.2	24.8	9.8	27.6	5.7	7.4	2.8	1.8	1.4
	Incheon	58.7	34.7	7.2	2.6	28.3	11.2	26.3	5.6	7.6	2.9	1.8	1.4
	Gwangju	50	32.1	4.2	2	21.5	8.7	14.2	4	3.4	1.9	1	1
	Daejeon	47.7	31.8	5	2.4	21.4	9.5	13.9	3.9	3.7	2	1	1
China	Anshan	110.9	60	59	74.3	25.5	16.3	27.6	6.1	14.1	4.3	1.9	1.5
	Fuzhou	72.3	36.9	15.7	6.5	44.7	9	15.9	6.9	6.7	3.7	1.5	1.4
	Guangzhou	73.8	40.2	50	33	65.9	31.7	79.5	16.9	29.4	8.8	15	5.4
	Hangzhou	120.5	57.5	50.8	20.9	55.8	18.4	20.1	7.5	6.8	3.5	3.8	2.6
	Hongkong	50.8	25.4	16.5	11.8	56.3	19.5	81.8	12.6	22.8	6.6	17.4	5.1
	Shanghai	102	64.8	44.7	24.2	66.6	25	119	22.5	44.2	11	14.3	6.4

Japan	Shenyang	114.2	50.5	54.8	43.8	37	14.8	66.7	11.1	31.7	7	6.4	2.9
	Suzhou	89.8	48.3	44.7	20.7	49	20.7	34.2	8.8	12.7	5	4.6	2.6
	Taiyuan	132.1	65.4	77.1	68	22.7	8.7	24.2	7.9	8.9	4.2	1.9	1.7
	Tangshan	97.5	46.5	84.3	59.6	41	17.9	18.9	12.4	8.3	6.6	2.9	2.7
	Tianjin	100.8	58.1	67.4	52.9	47.3	18.6	10.9	3.9	6.4	2.9	0.7	0.8
	Wuhan	129.8	56.4	51.6	28.9	52.7	19.5	57.5	21.2	32.7	13.7	7	6.1
	Wulumqi	144.1	135	100.3	104.1	65.2	23.8	17.3	8.5	4.3	2.1	2.2	1.4
	Xi'an	132.1	71.7	48.4	29	38.2	14.9 ₈	26.2	9.7	12.1	5.7	7.2	3.9
	Sapporo	15.3	9	4.5	2.2	19.8	9.14	28.4	7.3	9.4	3.4	4	2.2
	Sendai	26	14.7	3.3	2.1	14.03	6.04	12.9	4.61	4.51	2.33	1.63	1.41
	Tokyo	48.1	30.9	8.1	5.6	31.5	11.6	140.4	26.6	50.5	10.5	18.5	7.7
	Nagoya	45.4	25.5	6.9	3.8	27.1	9.48	35.5	9.2	13.3	4.3	4.4	2.8
	Osaka	44.3	26	8.3	4.8	32.7	11.7	53.5	13.2	17.8	5.4	7.3	4
Taiwan	Kitakyushu	34.2	18.9	4.5	1.8	19.8	7.6	20.7	5.7	7	2.9	2.9	2
	Taipei	53	25	5.5	3.7	27.7	8.5	69.6	12.1	17.7	4.9	6.3	2.9
	Taichung	62.6	30.9	4.3	2.3	23.4	8.2	28.1	6.6	6.6	2.7	2.5	1.7
	Kaohsiung	82.4	40.7	10.2	4.9	25	10.1	36.9	7.7	7.9	3	3.6	2.1

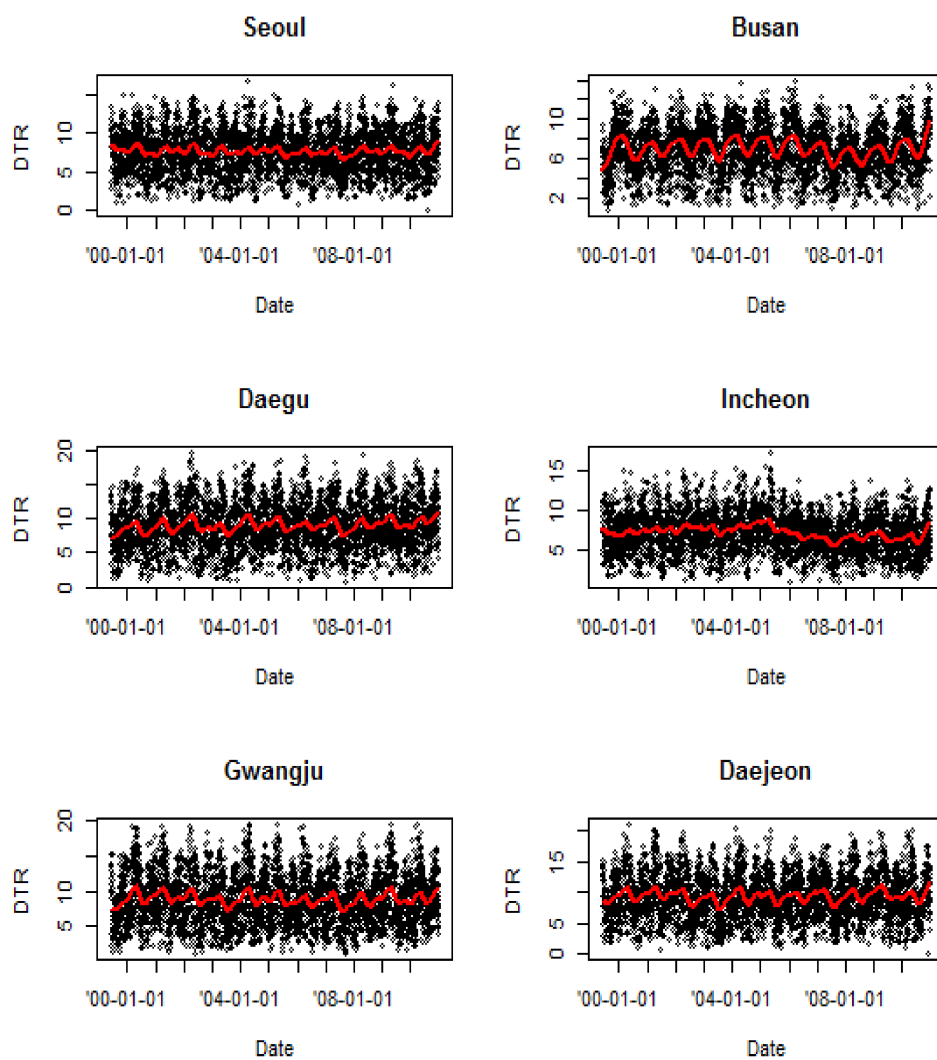


Figure 2. Time-series plot of diurnal temperature range in Korea.

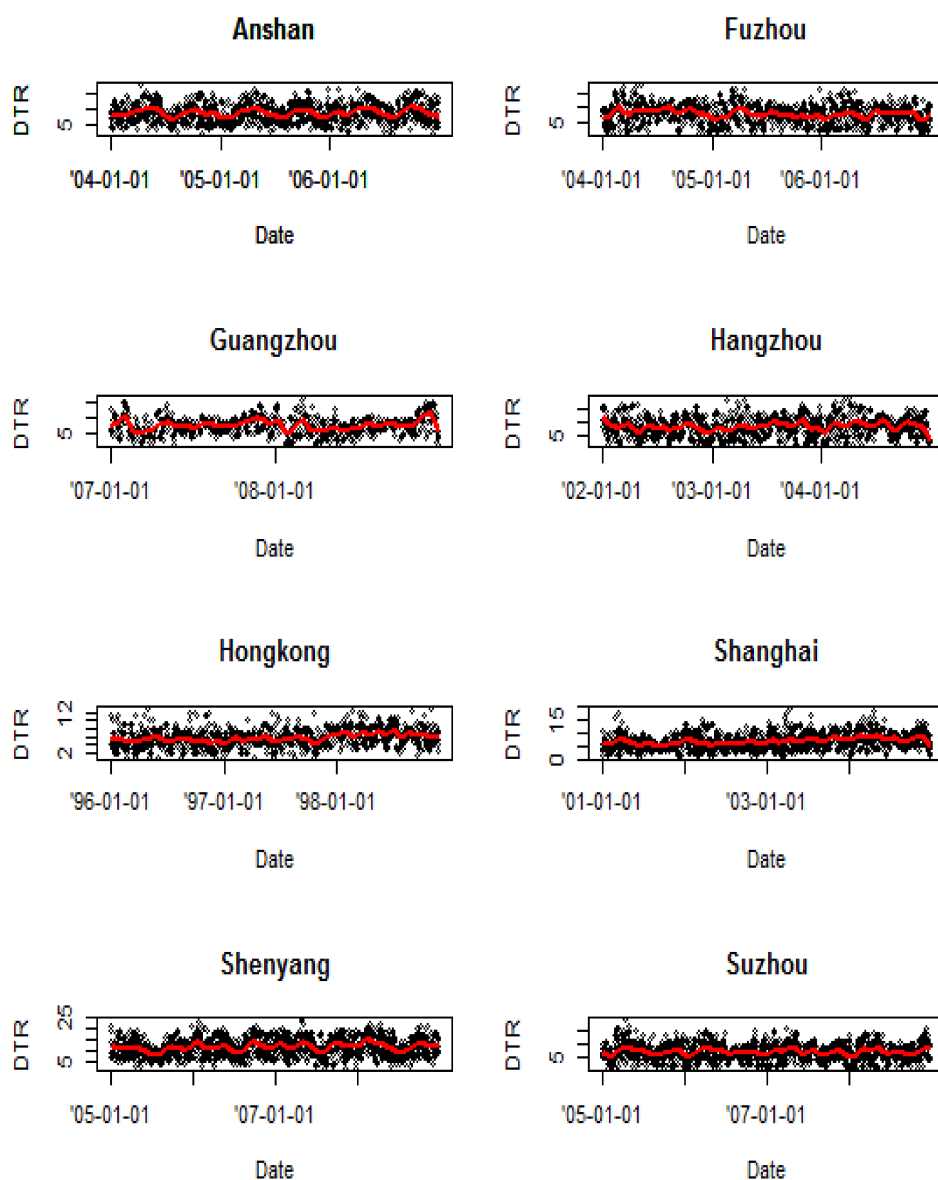


Figure 3. Time-series plot of diurnal temperature range in China.

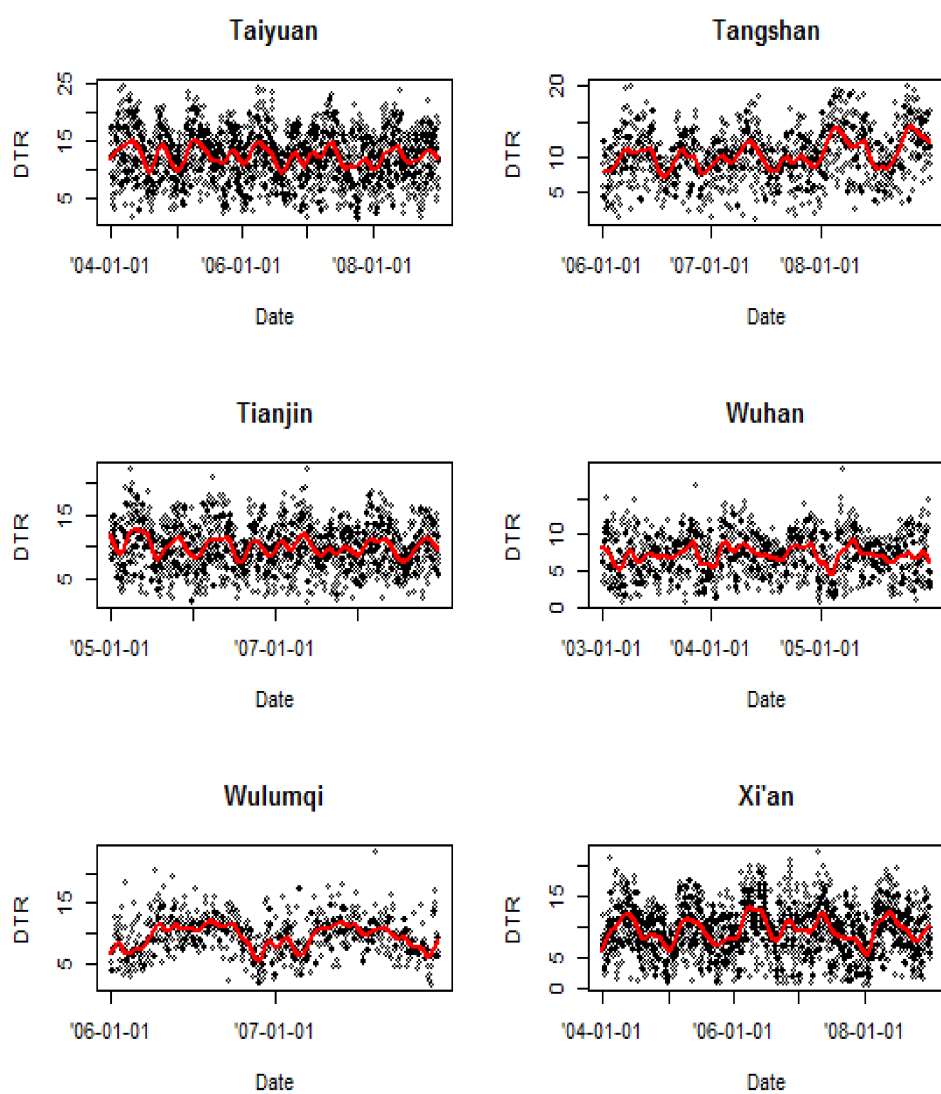


Figure 3. Time-series plot of diurnal temperature range in China.

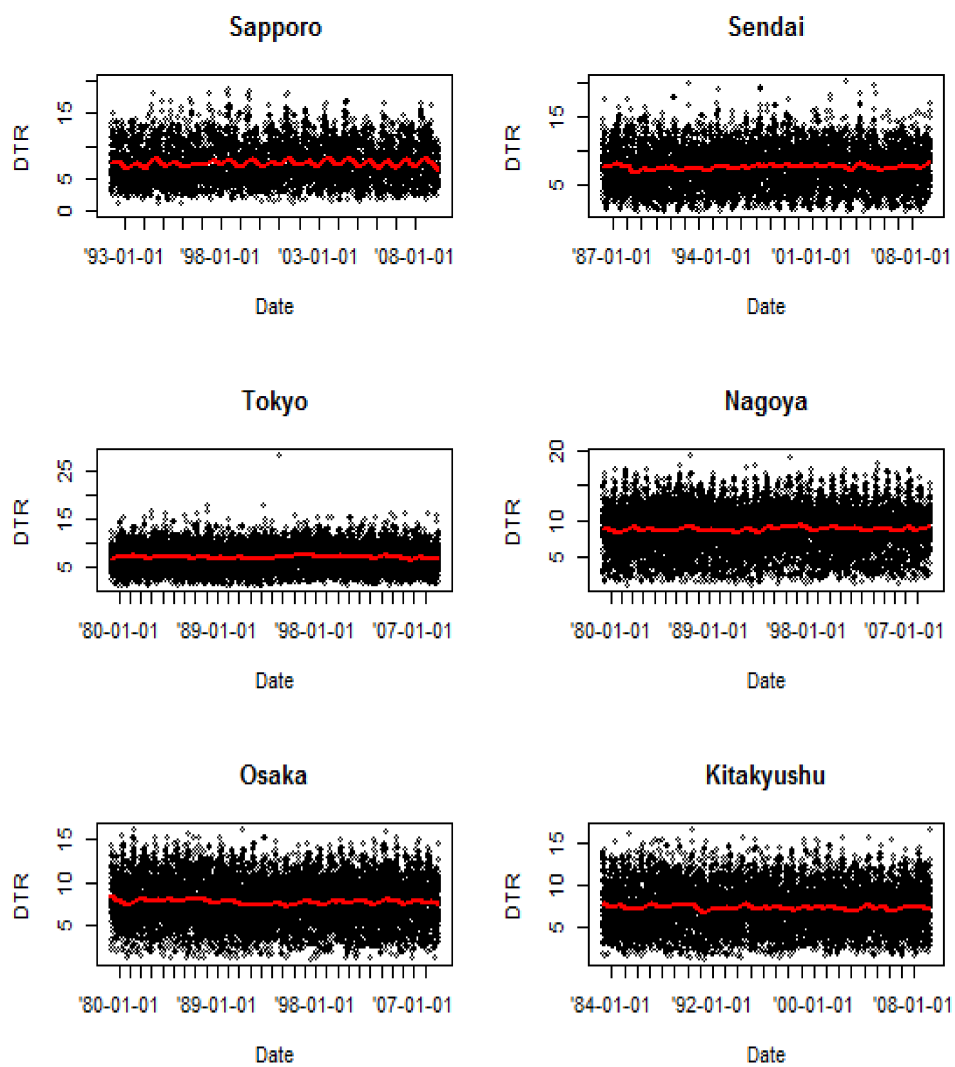


Figure 4. Time-series plot of diurnal temperature range in Japan.

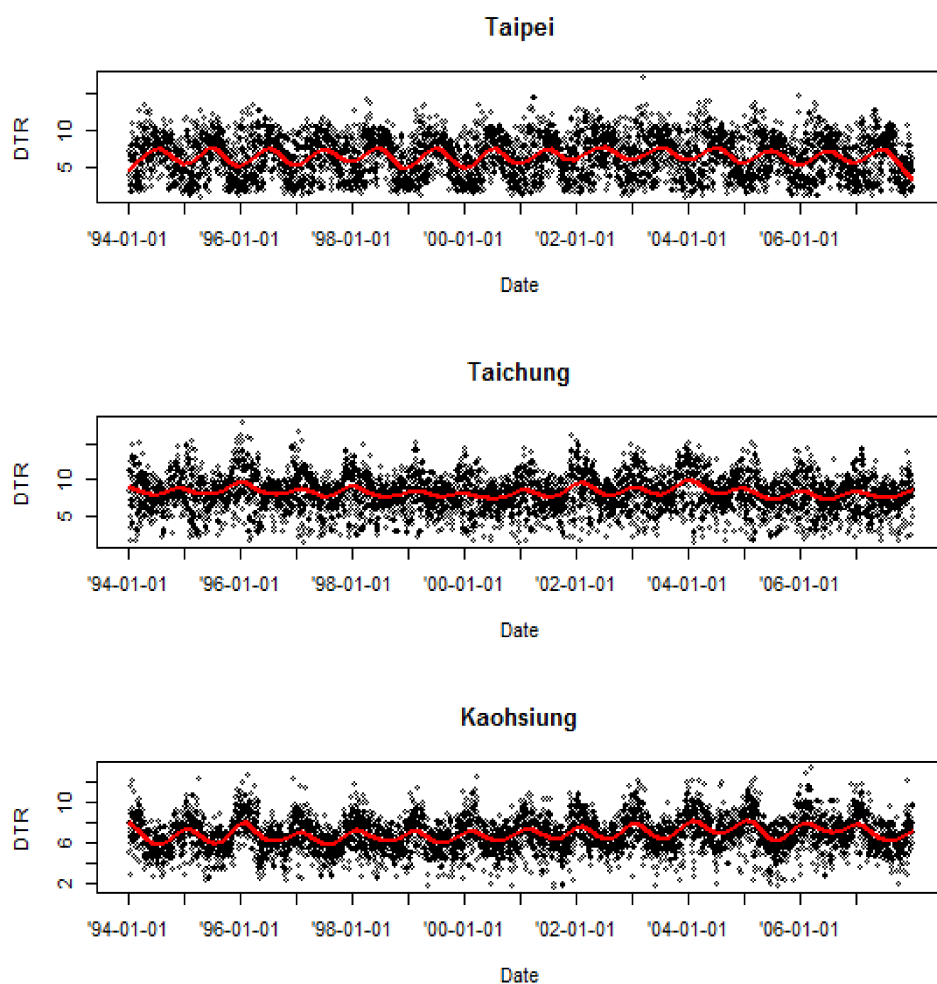


Figure 5. Time-series plot of diurnal temperature range in Taiwan.

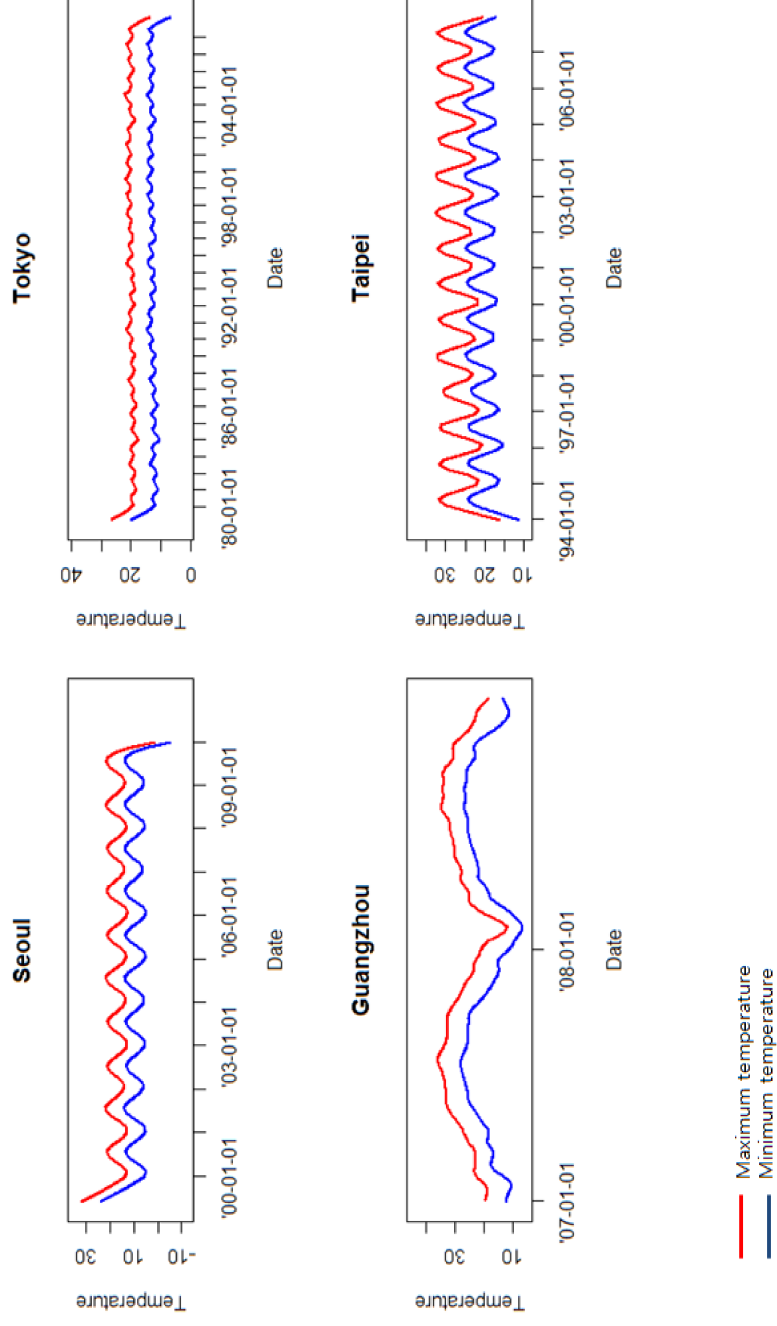


Figure 6. Time-series plot of daily maximum temperature and minimum temperature in 4 cities.

제 2 절 도시별 일교차 및 일평균기온의 지연효과

일교차 및 일평균기온이 사망에 영향을 미치는 데는 지연효과가 적용된다. 도시마다 환경조건과 특성이 다르기 때문에 지연효과는 비사고 총사망에 대한 일교차의 영향을 도시별로 분석하여 적용하였다. 대부분의 연구결과에서 단일 지연효과보다는 평균 지연효과의 값을 사용하고 있었는데, 이는 후자의 값이 더욱 일교차의 효과를 잘 보여주기 때문이었다. 또한 lag는 대부분 m02-m04 사이에서 최적의 값이 선정되었다(Kan et al., 2007; Wong et al., 2009). 따라서 일교차와 일평균기온에 동일하게 단일 지연효과(single-day lag effect)를 0-5일까지, 평균 지연효과(moving average)를 m01-m05일까지 적용하여 그중 가장 높은 효과(일교차의 β 값 기준)를 보이는 lag값을 선택하여 도시별로 적용하였다. 대기오염 변수는 지연효과를 적용하기 전, 후의 값이 크게 달라지지 않았으므로, 이에 대해서는 지연효과를 고려하지 않았다(Kan et al., 2007).

도시별로 최적 lag값은 상이한 결과를 보였지만, 단일 지연효과에 비해 평균 지연효과의 lag값이 큰 β 값을 가지는 경향성을 찾아볼 수 있었다. 한국에서는 서울, 광주를 m03, 대전은 m04, 부산, 대구는 m05, 인천은 lag1로 대부분의 지역이 평균 지연효과에서 더 큰 β 값을 보이고 있었다. 중국 14개 도시의 경우, 푸주, 타이위안, 무한, 우루무치, 시안에서는 단일 지연효과에서, 나머지 도시에서는 평균 지연효과에서 최고의 β 값을 보이고 있었다. 일본 6개 도시에서는 모두 평균 지연효과인 m01-m03 사이의 lag에서 최적 값을 보이고 있었고, 대만 역시 m02-m05사이의 최적의 값을 갖는 결과를 보였다.

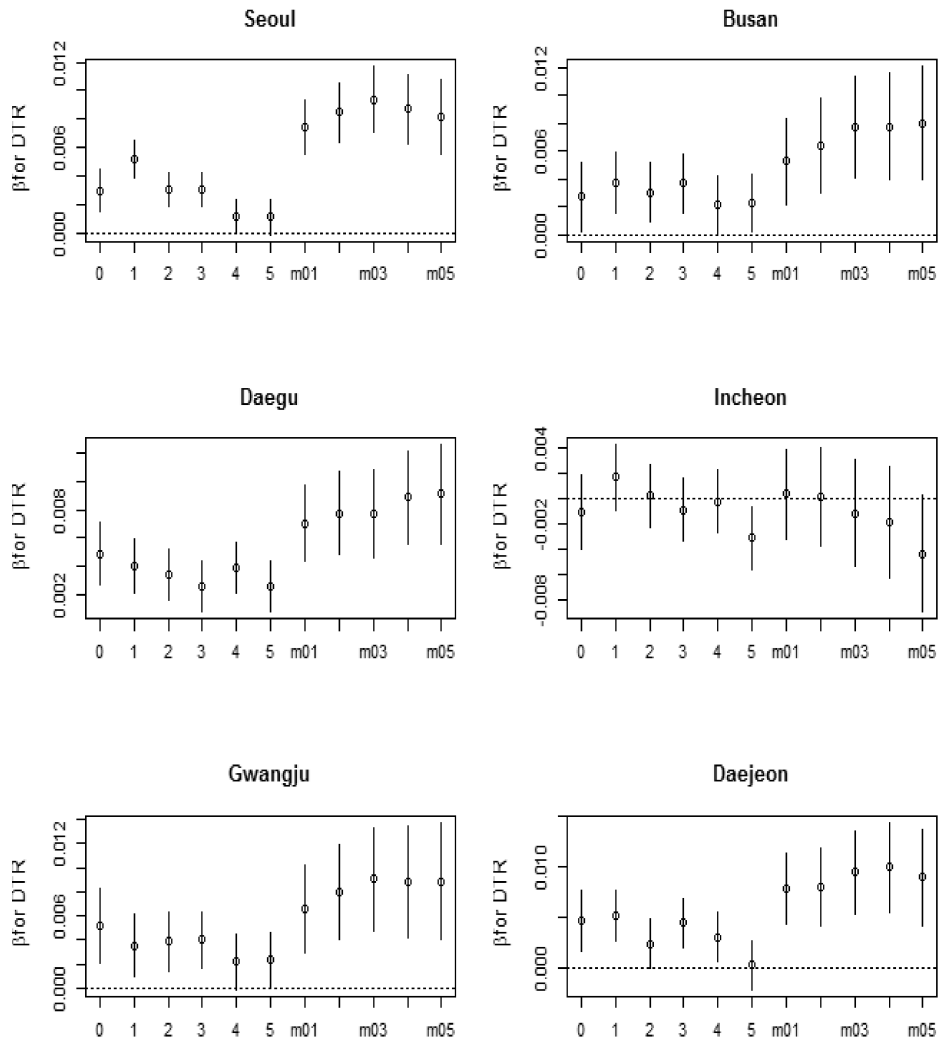


Figure 7. Beta for non-accidental death and 95% CI associated DTR in Korea at single-day lag 0 to 5 and moving average m01 to m05 days.

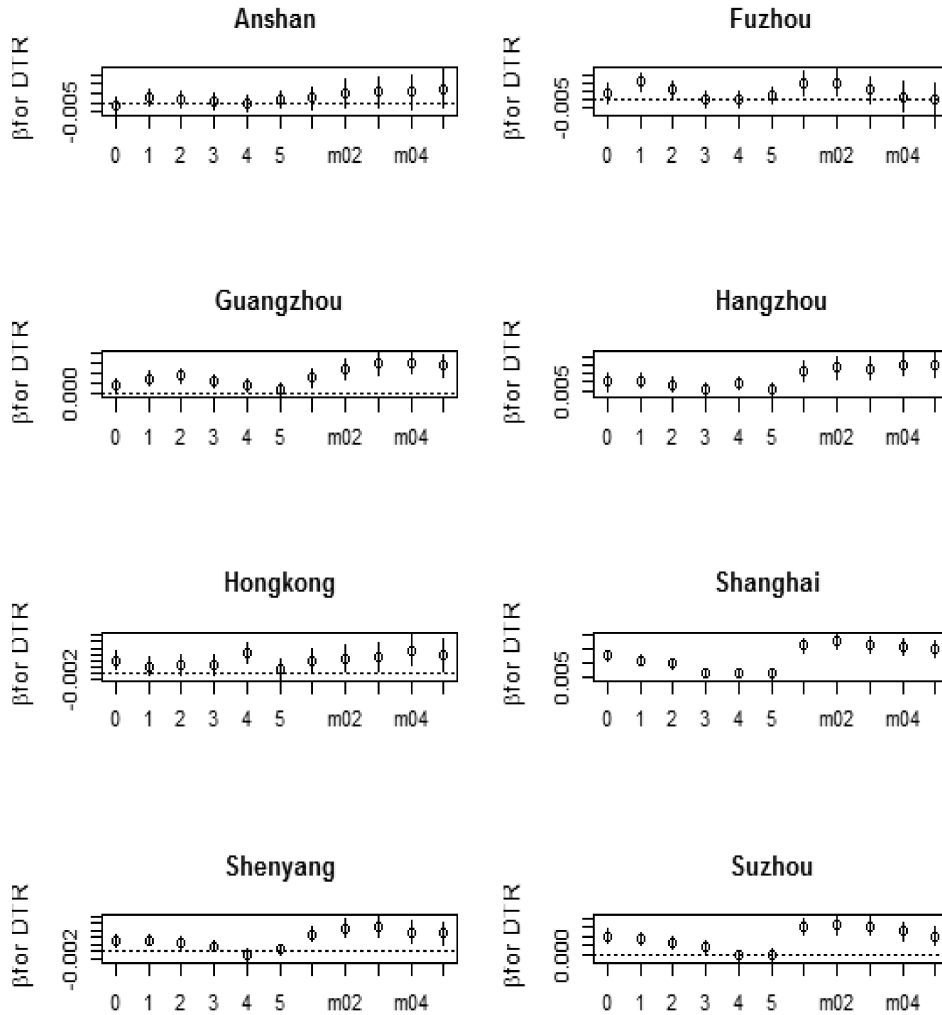


Figure 8. Beta for non-accidental death and 95% CI associated DTR in China at single-day lag 0 to 5 and moving average m01 to m05 days.

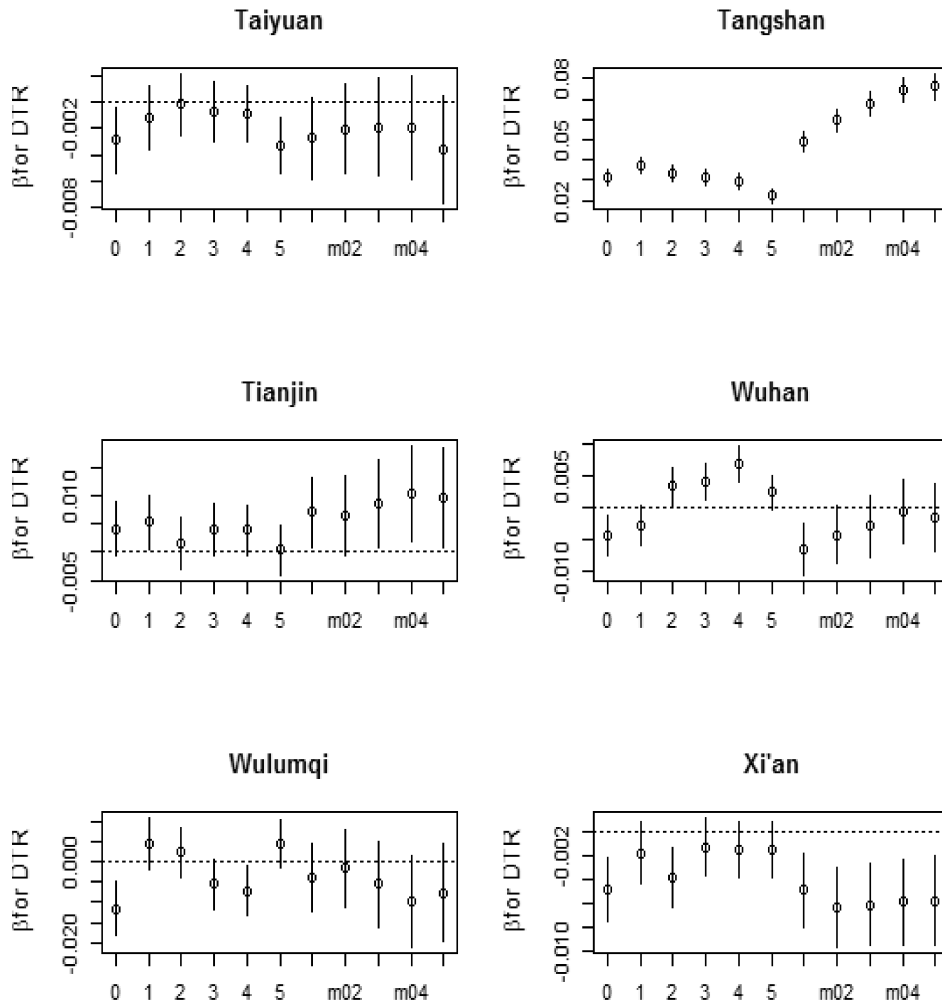


Figure 8. Beta for non-accidental death and 95% CI associated DTR in China at single-day lag 0 to 5 and moving average m01 to m05 days.

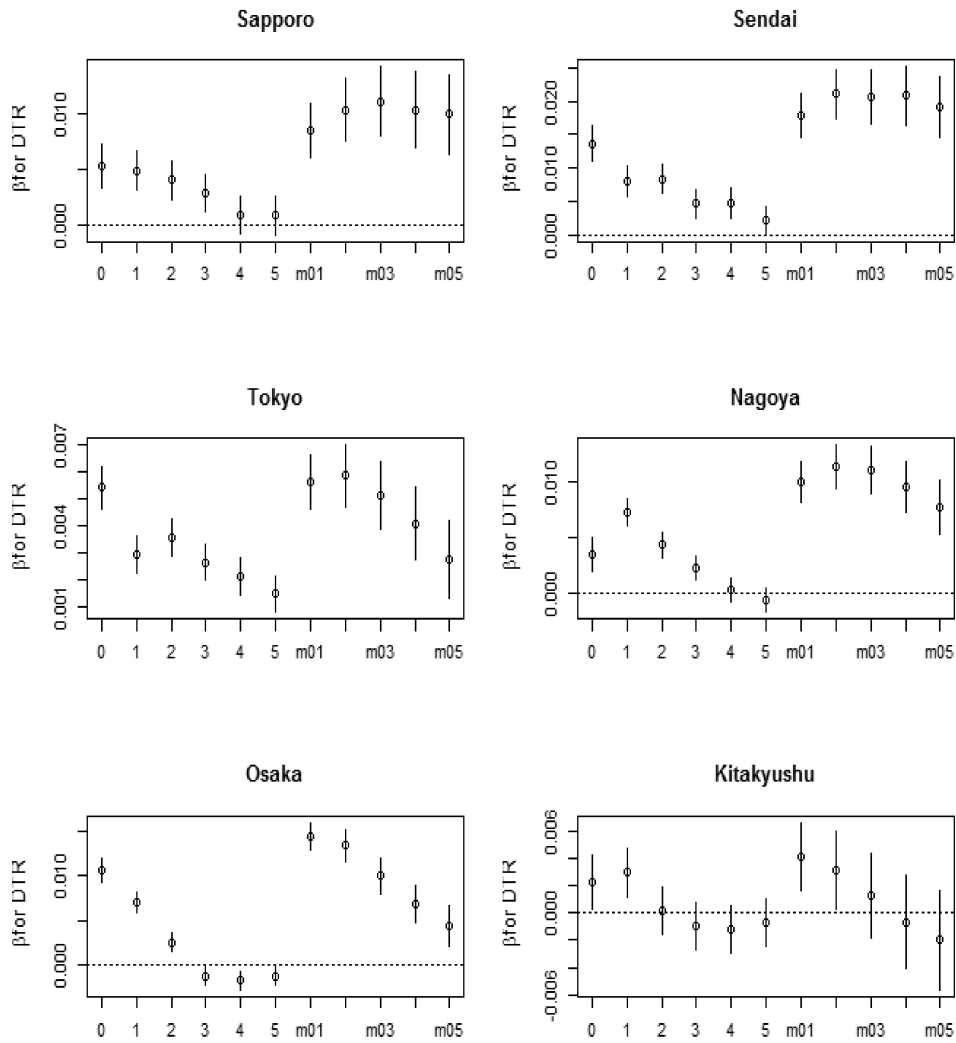


Figure 9. Beta for non-accidental death and 95% CI associated DTR in Japan at single-day lag 0 to 5 and moving average m01 to m05 days.

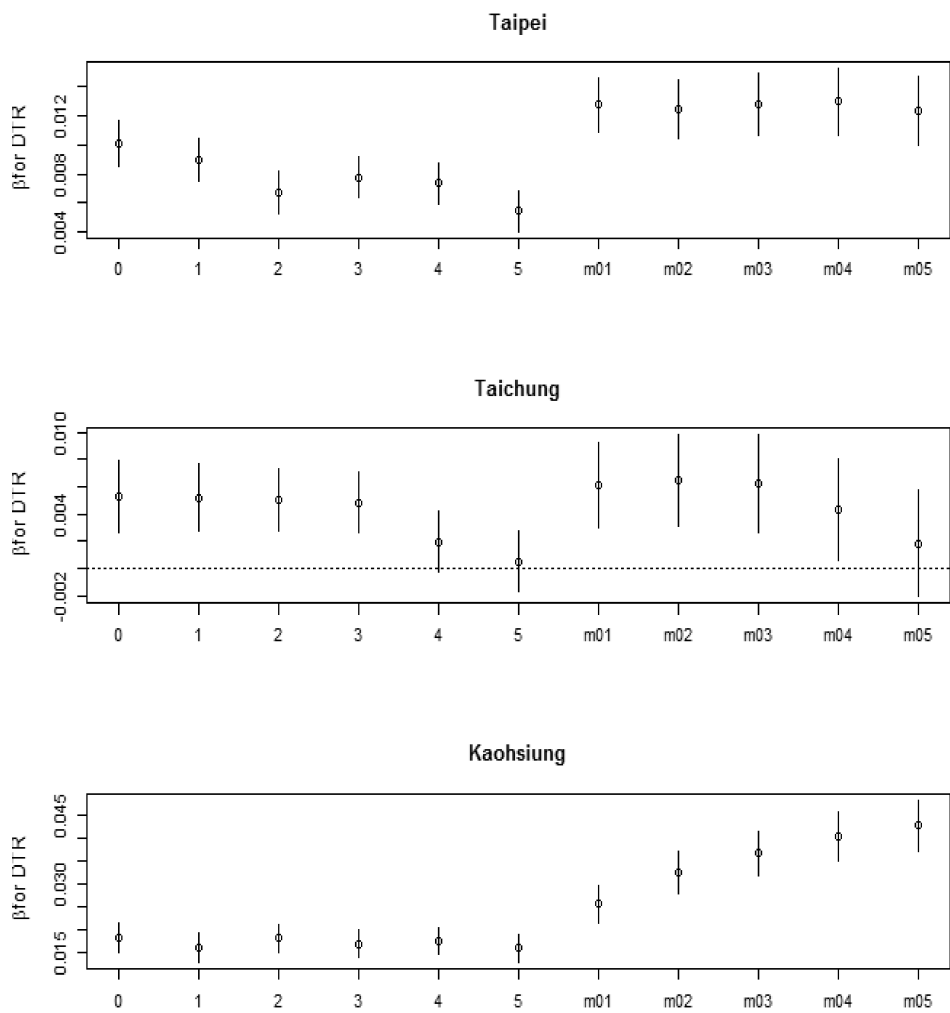


Figure 10. Beta for non-accidental death and 95% CI associated DTR in Taiwan at single-day lag 0 to 5 and moving average m01 to m05 days.

제 3 절 일교차가 사망에 미치는 영향

1. 총 사망 및 요인별 사망에 미치는 영향

표 4 - 표 7 은 도시별로 일교차가 비사고 총 사망, 심혈관계 질환 사망, 호흡기계 질환 사망에 미치는 영향을 나타내었다. 각 요인별 사망에 따라 연령그룹별 효과도 정리하였으며, 괄호 안에는 각 값에 대한 95% 신뢰구간(confidence interval, CI)을 나타내었다.

한국의 경우(표 4) 일교차가 1°C 증가했을 때, 비사고 총 사망자의 추가사망률은 대전에서 1.06%(95%CI: 0.57%-1.55%)로 6개 도시 중 가장 큰 값을 보였다. 반면, 인천에서는 추가사망률이 0.33%(95%CI: 0.04%-0.62%)로 가장 작았다. 심혈관계 질환 사망 역시 비사고 총 사망 결과와 마찬가지로 대전에서 가장 높고 인천에서 가장 낮은 값을 보였다. 반면, 호흡기계 질환 사망에서는 부산이 3.10%(95%CI: 1.19%-5.04%)으로 최고 값을 보였는데, 이는 2순위인 대구 2.20%(95%CI: 0.60%-3.83%)에 비해 현저하게 높은 값이었으며, 서울이 1.15%(95%CI: 0.04%-2.28%)로 가장 낮은 값을 보였다. 한국에서 일교차는 심혈관계 질환보다는 호흡기계 질환에 더 큰 영향을 미치고 있었고, 비사고 총 사망에 비해볼 때, 심혈관계 질환 및 호흡기계 질환에서 일교차의 영향력이 확인됐다. 65세를 기준으로 연령그룹을 나누어서 분석한 결과, 65세 이상 연령이 65세 미만 연령 그룹에 비해 일교차의 영향력이 상당히 큰 것을 알 수 있었다. 65세 이상 그룹 비사고 총 사망에서는 서울이 1.22%(0.87%-1.56%), 심혈관계 질환 사망에서는 대전이 2.03%(0.99%-3.08%), 호흡기계 질환 사망에서는 부산이 2.84%(0.81%-4.91%)로 한국 6개 도시 중 높은 값을 보였다. 대전에서 심혈관계 질환 사망에 대한 일교차의 영향이 가장 큰 것으로 나타났고,

부산에서 호흡기계 질환 사망에 대한 일교차의 영향이 크게 나타났다.

표 5는 중국 분석 결과이다. 중국은 앞서 밝힌바와 같이 심혈관계 및 호흡기계 질환 사망에 대한 연령그룹 자료를 얻을 수 없었기 때문에 요인별 사망에 대해서는 총 연령 분석 결과만을 제시한다. 또한 비사고 총 사망에 대한 자료에서도 연령그룹별 자료가 없는 경우(안산, 항저우, 탕산, 무한, 우루무치)가 있는데, 이 역시 결과 값을 제시하지 못하였다. 비사고 총 사망 분석 결과에서는 광저우가 총 연령그룹에서 1.64%(1.05%-2.24%)로, 65세 이상 연령그룹에서 1.93%(1.25%-2.61%)로 가장 큰 추가 사망률을 보였다. 심혈관계 질환 사망에서는 총 연령그룹에서 탕산이 2.16%(0.73%-3.61%)로 가장 높았고, 호흡기계 질환 사망에서는 무한이 2.45%(1.59%-3.31%)로 가장 큰 값을 보였다. 중국 역시 65세 이상 연령그룹이 65세 미만 그룹에 비해 높은 추가사망률을 보였는데, 몇몇 도시(웬양, 수주, 톈진)에서는 65세 미만 그룹의 추가사망률이 크게 나타났다. 하지만, 두 연령그룹군 간의 차이가 작았고, 대체적으로 중국 자료의 기간이 짧고 부족한 자료가 많아 자료의 활용이 충분하지 못했으므로, 위와 같은 결과에 대한 해석에 어려움이 따른다.

일본은 비사고 총 사망 결과에서는 나고야가 총 연령에서 0.76%(0.55%-0.98%), 65세 이상 연령그룹에서 0.84%(0.59%-1.08%)로 가장 높은 추가 사망률을 보였다. 비사고 총 사망의 경우, 모든 도시에서 65세 이상 연령그룹의 추가 사망률이 65세 미만 연령그룹의 추가사망률보다 높았다. 심혈관계 질환 사망에서는 기타큐슈가 총 연령에서 1.05%(0.58%-1.52%), 65세 이상 연령그룹에서는 1.03%(0.52%-1.54%)로 추가 사망률이 가장 높은 도시였다. 심혈관계 질환 사망 역시, 모든 도시에서 65세 이상 연령그룹의 추가 사망률이 65세 미만 연령그룹의 추가사망률보다 높았다. 일본의 호흡기계 질환 사망은 총 연령그룹에서는 센다이 0.88%(-0.25%-2.01%)로 가장 높았고, 65세 이상 연령그룹에서는

도쿄와 오사카가 각각 0.67%(0.29%–1.05%), 0.67%(0.17%–1.17%) 로 높은 값을 보였다. 일본의 호흡기계 질환 사망 결과에서는 도쿄, 나고야, 기타큐슈에서 65세 미만 연령 그룹이 65세 이상 연령그룹에 비해 훨씬 높은 추가 사망률을 보였다. 이는 지금까지의 분석 결과들과는 상이한데, 일본은 연구지역 중 가장 GDP가 높은 국가로, 실내 냉난방 시스템이 잘 구비되어있기 때문이라고 추측된다. 호흡기계 질환을 앓고 있는 환자나 호흡기가 약한 사람들이 일교차가 큰 경우 외출을 피하고 온도조절 시스템이 잘 갖추어진 실내에서 생활한다면, 일교차의 영향을 오히려 덜 받을 수 있다. 하지만 일교차에 대한 일본의 선행연구 결과가 없기 때문에 비교 대상이 없으므로 본 분석의 결과를 확인하기 어렵다. 전체적으로 일본은 다른 국가들에 비해 추가사망률이 작은 편이었다.

마지막으로 표 7은 대만에서의 분석 결과를 보여준다. 비사고 총 사망에서는 카오슝의 추가사망률이 총 연령에서 1.13%(0.47%–1.80%), 65세 이상 연령그룹에서 1.4%(0.58%–2.23%)로 가장 높은 값을 보였다. 심혈관계 질환 사망 역시 카오슝이 총 연령에서 2.8%(1.49%–4.13%), 65세 이상 연령 그룹에서 2.55%(1.01%–4.11%)로 가장 높은 추가 사망률을 보였다. 반면, 호흡기계 질환 사망에서는 총 연령에서는 타이베이 1.01%(–0.23%–2.25%)로 가장 높았고, 65세 이상 연령그룹에서는 타이페이가 1.3%(0.30%–2.32%)로 가장 높았다.

Table 5. Percent change of cause-specific mortality associated with a 1°C increase of DTR in China (stratified by age group)

	Non-accidental Death			Cardiovascular	Death	Respiratory	Death
	Total	≥65yr	<65yr	Total	Total	Total	Total
Anshan	0.37 (-0.7,1.44)	-	-	0.74 (-0.74,2.25)		0.62 (-3.21,4.6)	
Fuzhou	0.55 (-0.04,1.14)	0.55 (-0.13,1.23)	0.46 (-0.72,1.66)	0.47 (-0.43,1.38)		0.8 (-1.06,2.69)	
Guangzhou	1.64 (1.05,2.24)	1.93 (1.25,2.61)	0.74 (-0.42,1.91)	1.93 (0.96,2.9)		1.95 (0.59,3.33)	
Hangzhou	0.62 (-0.18,1.42)	-	-	1.69 (0.35,3.06)		1.62 (-0.13,3.41)	
Hongkong	0.04 (-0.55,0.64)	0.22 (-0.46,0.9)	-0.57 (-1.72,0.59)	0.94 (-0.19,2.08)		0.28 (-0.99,1.58)	
Shanghai	0.94 (0.61,1.27)	0.99 (0.63,1.35)	0.9 (0.18,1.63)	1.24 (0.71,1.78)		0.6 (-0.33,1.53)	

Shenyang	0.47 (0.14,0.8)	0.44 (0.05,0.82)	0.6 (0.04,1.17)	0.73 (0.25,1.22)	1.03 (-0.04,2.11)
Suzhou	1.21 (0.67,1.75)	1.23 (0.64,1.83)	1.48 (0.43,2.54)	1.34 (0.47,2.21)	1.69 (0.28,3.13)
Taiyuan	0.02 (-0.22,0.27)	0.1 (-0.18,0.39)	-0.22 (-0.68,0.24)	0 (-0.39,0.39)	-0.22 (-1.09,0.65)
Tangshan	1.02 (0.03,2.01)	-	-	2.16 (0.73,3.61)	0.87 (-1.6,3.4)
Tianjin	0.8 (-0.16,1.78)	0.81 (-0.25,1.89)	0.85 (-1.06,2.79)	1.08 (-0.17,2.34)	1.14 (-2.4,4.81)
Wuhan	0.63 (0.33,0.93)	-	-	0.43 (0.04,0.82)	2.45 (1.59,3.31)
Wulumqi	0.17 (-0.48,0.81)	-	-	0.33 (-0.91,1.59)	1.18 (-0.54,2.93)
Xi'an	-0.21 (-0.48,0.07)	-0.01 (-0.34,0.32)	-0.21 (-0.65,0.23)	0.24 (-0.17,0.65)	0.42 (-0.1,0.94)

2. 메타분석결과

도시별 일교차의 효과를 분석해본 후, 국가별로 일교차가 요인별 사망에 미치는 영향을 평가해보기 위해 메타분석을 실시하였다. 도시별 이질성 유무를 확인하기 위해 유의수준 0.1을 기준으로 테스트를 하여 그 결과를 분석에 적용하였다. 총 연령그룹, 65세 이상 연령그룹, 65세 미만 연령그룹 모두에서 대만의 비사고 총사망 및 심혈관계 질환에서의 추가 사망률 값이 가장 높았다. 반면 호흡기계 질환에서는 세 연령그룹 모두 한국의 값이 가장 큰 것으로 나타났다. 일본은 대부분의 결과에서 일교차에 대한 영향력이 가장 작은 것으로 밝혀졌다. 65세 이상 연령그룹에서 역시 일교차가 사망에 미치는 영향력이 확연하게 큰 것을 확인할 수 있었다.

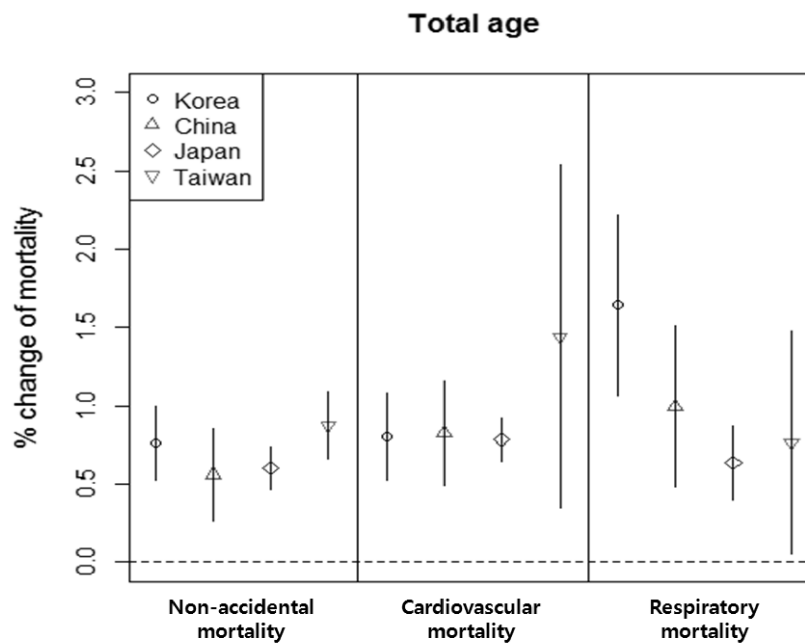


Figure 11. Pooled estimates of percent change of cause-specific mortality associated with 1°C increase of DTR in Total age.

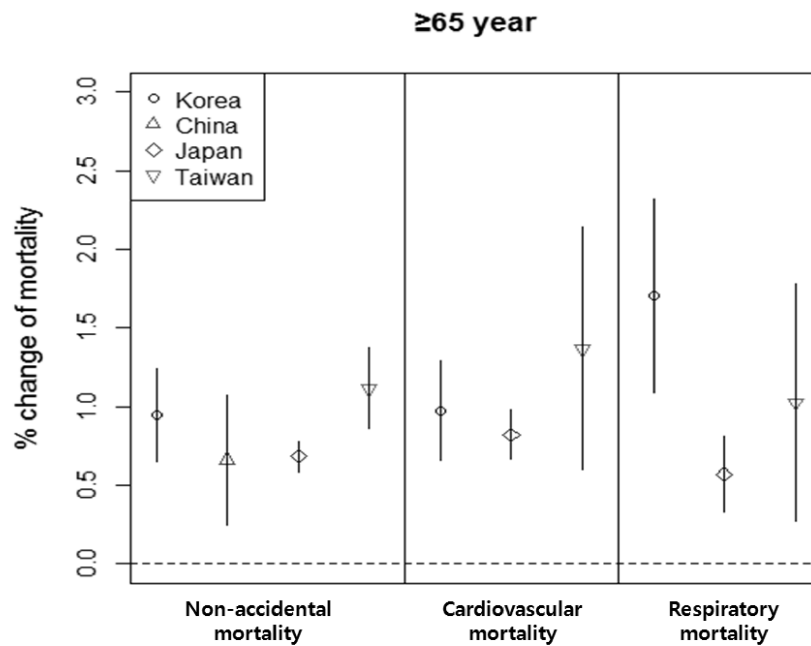


Figure 12. Pooled estimates of percent change of cause-specific mortality associated with 1°C increase of DTR in 65 years and over age group.

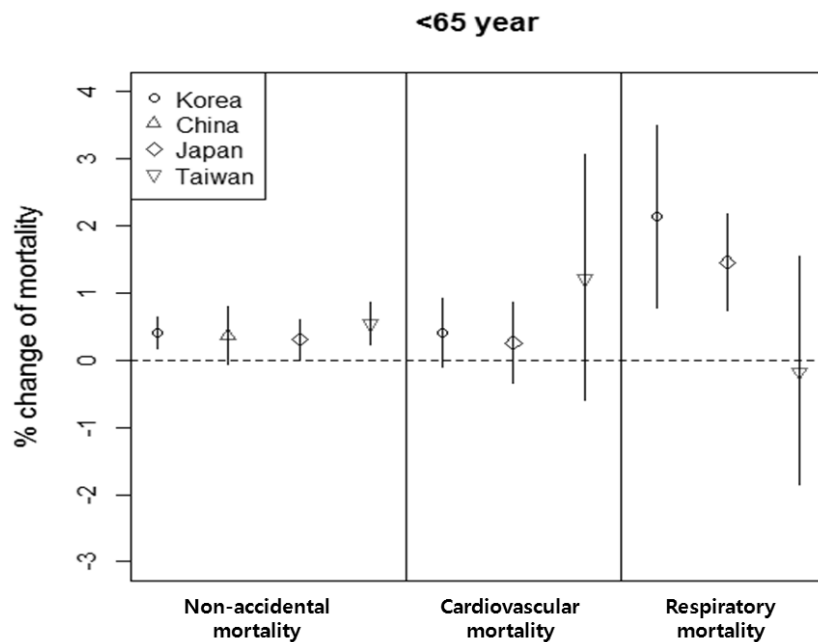


Figure 13. Pooled estimates of percent change of cause-specific mortality associated with 1°C increase of DTR in group under the age of 65.

제 4 장 결론 및 고찰

본 연구는 동아시아 4개국 한국, 중국, 일본, 대만의 29개 도시에서 일교차와 요인별 사망간의 강한 연관성을 확인하였다. 온도와 건강영향간의 관계는 많이 연구된바 있지만, 이에 비해 일교차의 건강영향에 대한 연구는 드물었다. 뿐만 아니라, 국가단위로 일교차 연구를 진행한 사례는 거의 없었고(Lim et al., 2012), 몇몇 국가에서 도시별로 연구가 진행된 바 있다(Kan et al., 2007; Liang et al., 2009; Luo et al., 2013; Yang et al., 2013). 본 연구에서 연구지역으로 포함한 한국, 중국, 일본, 대만은 동아시아 지역에 포함되나 지리적 위치에 따라 기후 및 환경적 특성이 상이하므로(표 2, 3) 국가 간 연구결과에 대한 상호 비교가 어려웠으며, 전반적인 경향성을 파악하는데도 어려움이 많았다. 이번 연구는 비교적 동일한 연구방법으로 29개 도시에서 지연효과를 고려한 분석을 실시하였고, 도시별 값을 결합하여 국가별 대푯값을 산출함으로써 국가 간 결과 비교가 가능하도록 하였다.

본 연구에서 확인한 일교차와 요인별 사망간의 관계 및 65세를 기준으로 나눈 연령그룹에 대한 일교차의 효과는 대부분 선행 연구결과와 일치했다. 한국에서 일교차가 사망에 미치는 영향을 보면, 본 연구결과에서는 비사고 총 사망의 경우 대전이 가장 높은 값을 가지고 있었고, 인천이 가장 낮았다. 이는 광주에서의 추가 사망률이 가장 높았던 Lim et al.(2012)의 연구결과와는 상이한 결과이다. 하지만, 총 사망에서는 도시별 추가 사망률의 차이가 크지 않았으므로, 분석 방법이나 적용한 lag값에 따라 영향력의 순위는 바뀔 수 있다고 사료된다. 호흡기계 질환 사망에 대한 추가 사망률의 경우는 총 사망과 심혈관계 질환 사망의 경우에는 다른 결과를 보였는데, 부산이 높고, 서울이 가장 작았다.

대부분의 경우 65세 이상 연령그룹의 사망이 일교차의 영향을 더 크게 받는 것으로 나타났는데, 이는 연령층이 높아질수록 신체온도 조절 능력이 저하되기 때문이다(Kenney and Hodgson, 1987; Foster et al., 1976). 이런 경우 심혈관계 혹은 호흡기계 기능이 저하될 수 있는데, 해당 기관의 질환을 앓고 있는 사람들의 경우, 일교차에 더 크게 반응하게 된다(Kan et al., 2007). 하지만, 일본 몇몇 도시에서는 다른 도시들과 상이하게 65세 미만 연령그룹에서의 호흡기계 질환 사망이 65세 이상 연령그룹에서보다 상당히 크게 일교차의 영향을 받는 것으로 드러났다. 일본에서 진행된 일교차 선행 연구가 없으므로 결과를 비교할 수 없지만, 이는 일교차의 조기 경보 제도와 잘 갖추어진 냉난방 시스템으로 인한 결과라고 보여 진다. 조기 경보를 통해 일교차에 취약한 호흡기계 질환자나 노약자들은 실외활동을 줄일 수 있으며, 냉난방 시설이 잘 갖추어진 실내에서의 생활은 일교차로 인한 영향력을 크게 감소시켜 줄 수 있기 때문이다. 온도와 사망간의 관계를 냉난방 시스템과 관련이 있다고 결론내린 선행 연구결과들이 있는데, Braga et al.(2001)에서는 미국의 12개 도시를 대상으로 냉방시설이 잘 갖추어져 있을수록 폭염으로 인한 사망률이 낮아지는 것을 발견하였다.

국가별로 요인별 사망에 대한 일교차의 영향력은 차이를 보였다. 한국과 중국의 경우 심혈관계 질환보다는 호흡기계 질환에서 일교차로 인한 영향을 크게 받는 반면, 일본과 대만에서는 심혈관계 질환에서 더 큰 추가 사망률을 보였다. 이는 Lim et al.(2012), Yang et al.(2013) 등과 일치하는 결과이다. 비교적 대륙성 기후를 띄고 있는 한국과 중국은 일교차도 큰 편이고, 계절의 변화도 뚜렷한 편이라 호흡기계 질환 사망에 더 큰 영향을 받는 것으로 보인다. 반면, 일본과 대만은 섬나라로 기후조건이 중국, 한국에 비해 안정적인 편이다. 따라서 호흡기계 질환 보다는 심혈관계 질환 사망이 더 큰 영향을 받았을 것이라 예상된다.

중국은 평균적으로 일교차가 한국보다 큰 경향이 있는데, 메타분석 결과 사망에 대한 영향력은 한국에 비해 작은 것으로 나타났다(그림 11). 중국은 대기오염으로 인한 영향력이 지배적이기 때문에, 대기오염 수치를 보정한 본 연구에서는 오히려 일교차가 사망에 미치는 영향력이 작게 예측된 것으로 볼 수 있겠다.

일교차와 온도에 대한 지연효과는 단일 지연효과(single-day lag) 보다 평균 지연효과(moving average)를 적용했을 때 전반적으로 높은 효과를 보였다. 이는 그림 6-9에서 확인할 수 있으며, Kan et al.,(2007)의 결과와 일치한다. 한국, 일본, 대만에서는 대체적으로 m02-04 사이에서 최고 β 값을 갖는다는 것을 확인할 수 있었다. 지연효과는 잘못 고려될 경우 연구결과가 과소평가 될 수 있으므로, 연구 설계 시 적절하게 고려되어야 한다. 중국의 경우에는 몇몇 도시에서 단일 지연효과가 더 큰 경우가 있었는데, 상대적으로 자료 구축 기간이 짧고, 일평균기압 자료가 미비했으므로 타국의 연구결과와 다른 경향을 보일 가능성이 있다.

본 연구는 동아시아 4개국의 29개 도시를 대상으로 일교차가 요인별 사망에 미치는 영향을 국제적으로 분석했다는 강점이 있다. 현재까지 일교차와 사망간의 연구는 한 국가 혹은 한 도시를 중심으로 이루어져 왔으므로, 상이한 분석방법을 이용한 각각의 연구결과를 바탕으로 국가 간 비교가 어렵다는 한계점이 있었다. 또한 연구대상으로 포함된 4개국은 동아시아 지역에 소속되어있지만, 경제 조건 및 기후환경 조건이 매우 상이하다. 한국과 중국은 전체적으로 대륙성 기후를 보이며 일본과 대만에 비해 건조한 특성을 보인다. 중국은 국토가 광대하기 때문에 한온대부터 열대 기후까지 지역별로 다양한 기후대가 분포한다는 특징이 있다. 섬나라인 일본과 대만은 상대적으로 습한 편이고, 일본은 온대, 대만은 아열대 기후적 특성을 보인다. 인구 및 경제 규모도 큰 차이를 보이는데, 각국의 수도인 서울, 베이징, 도쿄, 타이페이의 인구 및 경제규모가 다른

도시들에 비해 큰 편이었다. 위와 같이 도시별로 특성을 달리하므로 도시별 지연효과를 분석한 후, 해당 lag값을 적용하여 결과를 제시하였다. 공통적인 분석방법을 이용하되 도시별 지연효과를 고려하여 모델을 설계하였으므로, 본 연구의 결과는 도시별, 국가별 비교가 용이하다.

하지만 다양한 특성을 지닌 도시들을 동일한 보정변수와 분석방법을 이용하여 분석을 시도하다 보니 도시별로 최적화된 분석을 하기 어려웠다. 또한 메타분석으로 도시별 값을 결합하여 국가별 대푯값을 제시하였는데, 이런 분석방법은 서로 다른 특징과 조건을 가진 연구들을 종합해 볼 수 있는 장점이 있지만, 지나치게 결과를 단순화 시키는 문제점도 발견되고 있다. 특히 중국과 같이 넓은 국토를 가진 국가에서 대푯값을 추출하는 것에 대해 문제점이 제기될 수 있다. 하지만, 일교차의 영향을 지역적으로 분석하기보다는 국가별, 도시별 일교차의 효과를 동아시아 4개국 29개 도시에서 비교 분석해보고자 하는데 초점을 두었으므로, 메타분석은 이에 부합하는 방법이라고 사료된다. 또한, 이용 가능한 자료의 범위와 기간이 도시별로 상이했기에 일관성 있는 분석이 어려웠다. 일본 자료의 구축기간이 가장 긴 반면, 중국의 경우, 다른 세 국가의 자료에 비해 기간도 짧았고, 일평균기압 자료 및 65세를 기준으로 한 요인별 사망자수 자료가 없어서 부득이하게 이 자료들을 제외하고 분석을 하게 되었다. 분석방법의 일관성 부족으로 연구 결과의 해석이 어려워졌지만, 많은 도시를 대상으로 비교 분석을 하려다 보니 자료구축에서의 미비한 점을 완벽하게 보완하기는 어려웠다.

이번 연구는 4개국, 29개 도시를 비교 분석하는 기반이 되는 연구로, 일교차와 요인별 사망간의 관계를 밝히고, 65세를 기준으로 하는 연령그룹에 따라 효과의 차이를 보았다. 추후 연구에서는 위도 및 경도 등을 기준으로 기후조건이 비슷한 지역들을 그룹화하여 기후조건에 따라 일교차가 사망에 미치는 영향을 분석해보는 것이 의미 있을 것이라고 생각된다.

다. 뿐만 아니라, 사회경제적 요인들(성별, 학력, 경제력, 사망환경 등)을 반영한 그룹을 이용하는 것도 일교차가 사망에 미치는 영향을 확인하기 위한 유용한 방법이 될 것이다. 또한 일교차의 Time-series plot(그림 2-5)을 본 결과 계절성이 존재하므로, 이를 고려하여 일교차의 영향력을 확인할 연구가 필요하다. 더 나아가서는 연구지역의 범위를 더 넓혀서 미국, 중국 등 대륙들 간의 연구결과를 비교하거나 분석하여 일교차 연구의 범위를 확장하는 것이 좋을 것이다.

참고문헌

- Aylin P, Morris S, Wakefield J, Grossinho A, Jarup L, Elliott P (2001) Temperature, housing, deprivation and their relationship to excess winter mortality in Great Britain, 1986-1996, *International Journal of Epidemiology*, 30:1100-1108
- Baccini M, Biggeri A, Accetta G, Kosatsky T, Katsouyanni K, Analitis A, Anderson HR, Bisanti L, D'Ippoliti D, Danova J, Forsberg B, Medina S, Paldy A, Rabczenko D, Schindler C, Michelozzi P (2008) Heat effects on mortality in 15 European cities, *Epidemiology*, 19:711-719.
- Basu R, Dominici F, Samet JM (2005) Temperature and mortality among the elderly in the United States: a comparison of epidemiologic methods, *Epidemiology*, 16:58-66
- Basu R, Feng WY, Ostro BD (2008) Characterizing temperature and mortality in 9 California counties, *Epidemiology*, 19:138-145
- Braga ALF, Zanobetti A, Schwartz J (2001) The time course of weather-related deaths, *Epidemiology*, 12(6):662-667
- Braganza K, Karoly D.J, Arblaster JM (2004) Diurnal temperature range as an index of global climate change during the twentieth century, *Geophysical Research Letters*, 31, L13217. <http://dx.doi.org/10.1029/2004GL01998>.
- CHU Chen, ZHOU WenHao, GUI YongHao, KAN HaiDong (2011) Diurnal Temperature Range as a Novel Risk Factor for Sudden Infant Death, *Biomedical and Environmental Sciences*, 24(5):518-522
- Curriero FC, Heiner KS, Samet JM, Zeger SL, Strug L, Patz JA (2002)

Temperature and mortality in 11 cities of the eastern United States, *American Journal of Epidemiology*, 155:80–87

Davis RE, Knappenberger PC, Michaels PJ, Novicoff WM (2003) Changing heat-related mortality in the United States, *Environmental Health Perspectives*, 111:1712–1718

Davis RE, Knappenberger PC, Michaels PJ, Novicoff WM (2004) Seasonality of climate-human mortality relationships in US cities and impacts of climate change, *Climate Research*, 26:61–76

Easterling DR, Horton B, Jones PD, Peterson TC, Karl TR, Parker DE, Salinger M, Razuvayev V, Plummer N, Jamason P, Folland CK (1997) Maximum and minimum temperature trends for the globe, *Science*, 277(5324):364–367

Filleul L, Cassadou S, Mèdina S, Fabres P, Lefranc A, Eilstein D, Le Tertre A, Pascal L, Chardon B, Blanchard M, Declercq C, Jusot JF, Prouvost H, Ledrans M. (2006) The relation between temperature ozone, and mortality in 9 French cities during the heat wave of 2003, *Environmental Health Perspective*, 114:1344–1347

Foster KG, Ellis FP, Dore C, Exton-Smith AN, Weiner JS (1976) Sweat responses in the aged, *Age and Ageing*, 5:91–101

Gouveia N, Hajat S, Armstrong B (2003) Socioeconomic differentials in the temperature-mortality relationship in Sao Paulo, Brazil, *International Journal of Epidemiology*, 32:390–397

Guixiang Song, Guohai Chen, Lili Jiang, Yunhui Zhang, Naiqing Zhao, Bingheng Chen, Haidong Kan (2008) Diurnal temperature range as a novel risk factor for COPD death, *Respirology*, 13:1066–1069

Guohai Chen, Yunhui Zhang, Guixiang Song, Lili Jiang, Naiqing Zhao, Bingheng Chen, Haidong Kan (2007) Is diurnal temperature range a risk factor for acute stroke death?, *International Journal of Cardiology*, 116:408 - 409

Haidong Kan, Stephanie J London, Honglei Chen, Guixiang Song, Guohai Chen, Lili Jiang, Naiqing Zhao, Yunhui Zhang, Bingheng Chen (2007) Diurnal temperature range and daily mortality in Shanghai, China, *Environmental Research*, 103:424 - 431

Hajat S, Kovats RS, Lachowycz K (2006) Heat-related and cold-related deaths in England and Wales: who is at risk?, *Occupational and Environmental Medicine*, 64:93-100

Hii YL, Rocklov J, Ng N (2011) Short term effects of weather on hand, foot and mouth disease, *PLoS One*, 6(2):e16796

Jingyan Cao, Yuexin Cheng, Ni Zhao, Weimin Song, Cheng Jiang, Renjie Chen, Haidong Kan (2009) Diurnal Temperature Range is a Risk Factor for Coronary Heart Disease Death, *Journal of Epidemiology*, 19(6):328-332

Jun Yang, Hua-Zhang Liu, Chun-Quan Ou, Guo-Zhen Lin, Qin Zhou, Gi-Chuan Shen, Ping-Yan Chen, Yuming Guo (2013) Global climate change: Impact of diurnal temperature range on mortality in Guangzhou, China, *Environmental Pollution*, 175:131-136

Karl TR, Diza HF, Kukla G (1988) Urbanization: its detection and effect in the United States climate record, *Journal of Climate*, 11(1):1099 - 1123

Kenney WL, Hodgson JL (1987) Heat tolerance, thermoregulation and ageing, *Sports Medicine*, 4:446 - 456

- Kim H, Kim Y, Hong YC (2003) The lag-effect pattern in the relationship of particulate air pollution to daily mortality in Seoul, Korea. *International Journal of Biometeorology*, 48:25-30
- Kim Y, Joh S (2006) A vulnerability study of the low-income elderly in the context of high temperature and mortality in Seoul, Korea, *Science of the Total Environment*, 371:82-88
- Li Q, Chen J (2008) Regional climate variations in south China related to global climate change and local urbanization. *Proceedings of 16th IAHR-APD Congress and 3rd Symposium of IAHR-ISHS*
- Luo Y, Zhang Y, Liu T, Rutherford S, Xu Y, Xu X, Wu W, Xiao J, Zeng W, Chu C, Ma W (2013) Lagged effect of diurnal temperature range on mortality in a subtropical megacity of china, *PLoS One*, 8(2):e55280
- Makowski K, Wild M, Ohmura A (2008) Diurnal temperature range over Europe between 1950 and 2005, *Atmospheric Chemistry and Physics*, 8: 6483-6498
- McGeehin MA, Mirabelli M (2001) The potential impacts of climate variability and change on temperature-related morbidity and mortality in the United States, *Environmental Health Perspectives*, 109(Suppl 2):185-189
- McMichael AJ, Wilkinson P, Kovats RS, Pattenden S, Hajat S, Armstrong B, Vajanapoom N, Niciu EM, Mahomed H, Kingkeow C, Kosnik M, O'Neill MS, Romieu I, Ramirez-Aguilar M, Barreto ML, Gouveia N, Nikiforov B (2008) International study of temperature, heat and urban mortality: the 'ISOTHURM' project, *International Journal of Epidemiology*, 37:1121-1131.
- Peng RD, Dominici F (2008) *Statistical methods for environmental epidemiology with R: a case study in air pollution and health*, Springer, New York

Revich B, Shaposhnikov D (2008) Temperature-induced excess mortality in Moscow, Russia. *International Journal of Biometeorology*, 52:367-374

Rocklov J, Forsberg B (2008) The effect of temperature on mortality in Stockholm 1998-2003: a study of lag structures and heatwave effects, *Scandinavian Journal of Public Health*, 36:516-523

Schwartz J (2005) Who is sensitive to extremes of temperature?: a case-on-ly analysis, *Epidemiology*, 16:67-72.

Stafoggia M, Forastiere F, Agostini D, Biggeri A, Bisanti L, Cadum E, Caranci N, de' Donato F, De Lisio S, De Maria M, Michelozzi P, Miglio R, Pandolfi P, Picciotto S, Rognoni M, Russo A, Scarnato C, Perucci CA.(2006) Vulnerability to heat-related mortality: a multicity, population-based, case-crossover analysis, *Epidemiology*, 17:315-323.

Tam WS, Wong TW, Wong AHS(2009) Diurnal Temperature Range and Daily Cardiovascular Mortalities Among the Elderly in Hong Kong, *Archives of Environmental & Occupational Health*, 64(3):202-206

Vose RS, Easterling DR, Gleason B (2005) Maximum and minimum temperature trends for the globe: an update through 2004. *Geophysical Research Letters*, 32:L23822. doi:10.1029/2005GL024379

Wen-Miin Liang, Wen-Pin Liu, Hsien-Wen Kuo (2009) Diurnal temperature range and emergency room admissions for chronic obstructive pulmonary disease in Taiwan, *International Journal of Biometeorology*, 53:17-23

Wong TW, Tam WS, Yu TS, Wong AHS (2002) Associations between daily mortalities from respiratory and cardiovascular diseases and air pollution in Hong kong, China, *Occupational Environmental Medicine*, 59:30-35

Xu Z, Huang C, Su H, Turner LR, Qiao Z, Tong S (2013) Diurnal temperature range and childhood asthma: a time-series study, *Environmental Health*, 12(1):12

Xu Z, Huang C, Turner LR, Su H, Qiao Z, Tong S (2013) Is diurnal temperature range a risk factor for childhood diarrhea?, *PLoS One*, 8(5):e64713

Yang J, Ou CQ, Ding Y, Zhou YX, Chen PY (2012) Daily temperature and mortality: a study of distributed lag non-linear effect and effect modification in Guangzhou, *Environmental Health*, 11: 63

Yang J, Liu HZ, Ou CQ, Lin GZ, Zhou Q, Shen GC, Chen PY, Guo Y (2013) Global climate change: impact of diurnal temperature range on mortality in Guangzhou, China, *Environmental Pollution*, 175:131 - 136

Youn-Hee Lim, Ae Kyung Park, Ho Kim (2012) Modifiers of diurnal temperature range and mortality association in six Korean cities, *International Journal of Biometeorology*, 56:33-42

Youn-Hee Lim, Ho Kim, Jin Hee Kim, Sanghyuk Bae, Yun-Chul Hong (2013) Effect of diurnal temperature range on cardiovascular markers in the elderly in Seoul, Korea, *International Journal of Biometeorology*, 57: 597-603

Zanobetti A, Schwartz J (2008) Temperature and mortality in nine US cities, *Epidemiology*, 19:563 - 570

Zeger SL, Irizarry R, Peng RD (2006) On time series analysis of public health and biomedical data, *Annual Review of Public Health*, 27:57 - 79.

Abstract

**The Effect of Diurnal
temperature range on
Cardiovascular and Respiratory
Mortality in East Asia (Korea,
China, Japan, Taiwan)**

Ji-Hye Shin

Dept. of Epidemiology and Biostatistics

The Graduate School of Public Health

Seoul National University

Background: A Positive association between diurnal temperature range and mortality has been already studied and diurnal temperature range was found to be a risk factor for cardiovascular and respiratory mortality. But few countries have examined the effects of within-day variation and there is less evidence on lag patterns of diurnal temperature range effects. So far, most studies in several Asian countries have been conducted in a single city and have thus omitted multi-city effect of diurnal temperature range.

Objective: We evaluated the effects of diurnal temperature range on cause-specific mortality (cardiovascular, respiratory) in four Asian countries (Taiwan, Korea, China, Japan) and identified the lag patterns of diurnal temperature range of each city (29 cities in four countries).

Methods: We applied generalized additive model(GAM) for quantifying the effects of diurnal temperature range on mortality after controlling for covariates including temperature, humidity, press(except China), time trend, day of the week and outdoor air pollution (NO_2 , SO_2 , PM_{10}). And we also estimated pooled effects using meta-analysis. Study periods and lag structures were applied differently according to the city.

Results: There was significant association between diurnal temperature range and cause-specific death. In a scale of percentage change of mortality with an increase of 1°C , the pooled effects considering regional heterogeneity were 0.76%(95% CI: 0.53%–1.00%), 0.56%(95% CI: 0.20%–0.86%), 0.60%(95% CI: 0.46%–0.74%), 0.87%(95% CI: 0.66%–1.09%), in total(except accidental deaths) mortality Korea, China, Japan, Taiwan, respectively. Especially Taiwan showed the largest effect 1.44%(95% CI: 0.35%–2.54%) on cardiovascular mortality and Korea was the best on respiratory mortality (1.64%, 95% CI: 1.07%–2.22%). The effect of DTR for those aged 65 years or older were greater. And respiratory mortality showed more severe effect of DTR than cardiovascular mortality in Korea and China. But in Japan and Taiwan, cardiovascular mortality had more serious effect of DTR than respiratory mortality.

Conclusion: This study demonstrated that diurnal temperature range contributes to increase the cardiovascular and respiratory mortality.

Keyword: Diurnal temperature range(DTR); Climate change; Cause-specific mortality; Temperature; Lag effect

Student number: 2011-22103